NUEVOS MATERIALES

CIENCIAHOY

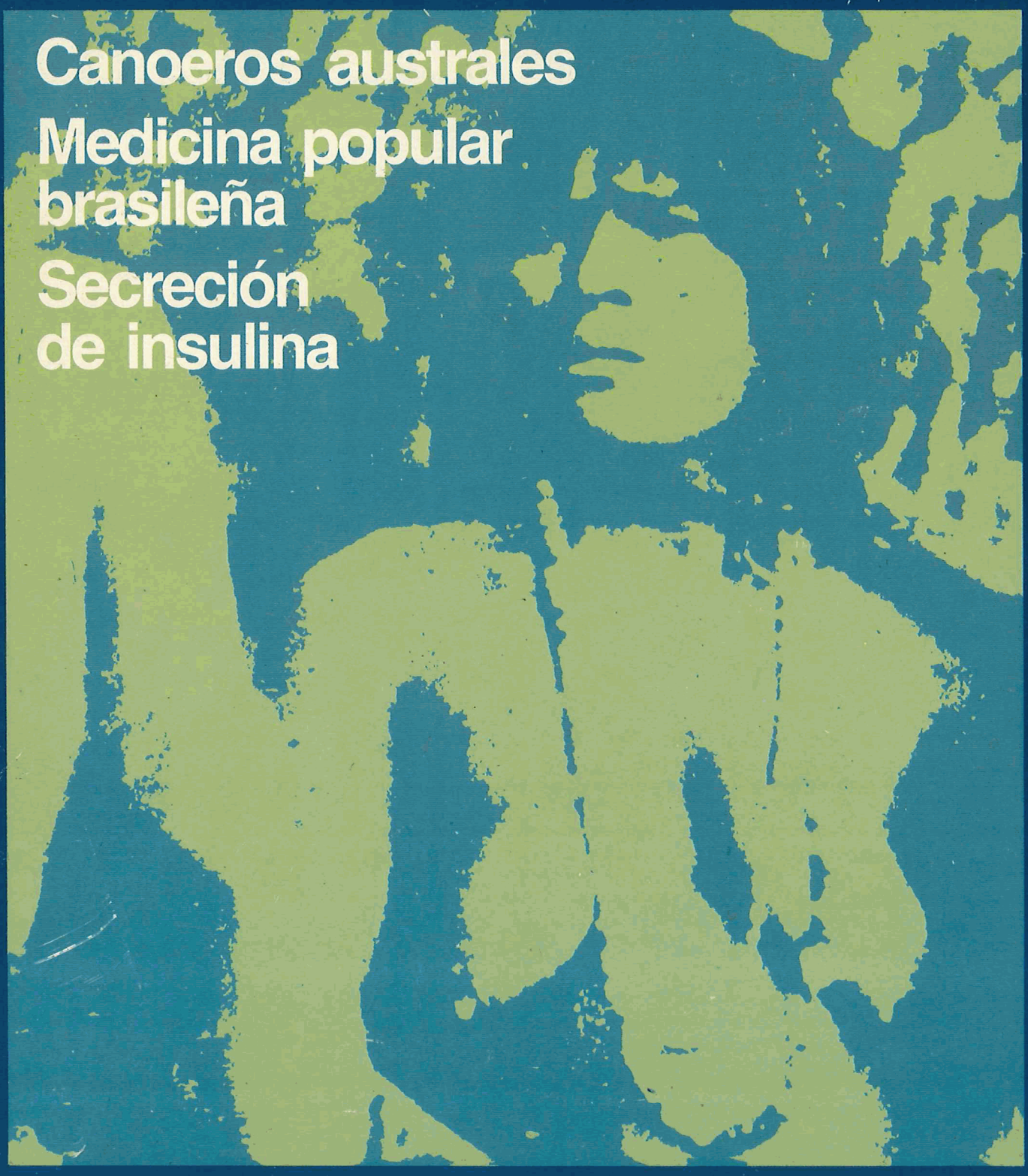
Revista de divulgación científica y tecnológica de la Asociación Ciencia Hoy

Vol. 1 Nº 6 febrero/marzo 1990

Canoeros australes

Medicina popular brasileña

Secreción de insulina



Muestra de impresión Kanji realizada por impresora IBM Proprinter XL24E K.

Un lenguaje milenario con tecnología argentina.

Argentina exporta a Oriente impresoras Proprinter IBM de fabricación nacional

Japón, Taiwan, Corea, China y Singapur nos han elegido como únicos proveedores en el mundo de este modelo de **impresora Proprinter** especialmente diseñada para imprimir en diferentes caracteres orientales.
Una nueva demostración de que nuestra planta IBM Martínez cumple con los requerimientos de calidad de los mercados internacionales más exigentes.
Así, la **impresora IBM Proprinter** y una amplia gama de equipos integrantes de sistemas de computación fabricados por IBM Argentina, nos representan en más de 70 mercados alrededor del mundo y suman más de 1.100 millones de dólares acumulados en concepto de exportaciones para el país.

Todo un símbolo de que el mundo se lleva, de la Argentina, la mejor impresión.

IBM Argentina

Ideograma Kanji cuyo sentido es: correcto, apropiado, justo.

ECOLOGÍA EN DEBATE

Foto: Andrés Barragán

He leído con mucho placer el artículo "La cuestión ecológica", de José Xavier Martini, publicado en el nº 4 de *Ciencia Hoy* (pág. 38). Me pareció excelente no sólo por los fuegos de artificio intelectuales que se ven en el horizonte sino, también, por su lenguaje compacto y carente de la acostumbrada verborragia explicativa. Comprendo y concuerdo con la tesis tal como el autor la presenta, pero creo, sin embargo, que el mundo y nosotros ya estamos mucho más allá de estas consideraciones.

El aire y el agua (tomados aquí como símbolo de nuestro entorno ambiental) no tienen valor económico, ético o estético: son factores de supervivencia. Son irrenunciables y no negociables, como nuestra sangre: necesitamos determinado volumen y determinada composición; cuando falla lo uno o lo otro, no sobrevivimos.

El problema señalado por el autor no existía antes porque no había contaminación. Ahora la hay. El mal incurable es que somos demasiados. Ya que difícilmente cambiaremos esto, podemos demorar el desenlace final (y sin duda de esto se trata) pero no creo que podamos fabricar otro.

Puesto que el agua y el aire son bienes públicos —pertenecen a todos y a nadie— deben ser administrados por el Estado. Si es cierto que son factores de vida o muerte, el Estado tiene la obligación de tomar medidas, persuasivas y coercitivas, para evitar, o por lo menos demorar, la asfixia y el envenenamiento. Todavía no hay en el mundo una conciencia cabal de que es mucho más tarde de lo que se piensa. Y porque creo que es tan tarde, creo también que no se puede operar con un sistema de premios y castigos; no basta con gravar con un impuesto a la fábrica que arroja humo: hay que cerrarla. Suena muy draconiano, pero cuando empiece a cundir el pánico será distinto. No olvidemos que se habla del tema sólo desde hace veinte años.

Creo firmemente que nuestro mundo no puede soportar los ocho mil millones de personas que se nos vienen encima y seguir con el aire y el agua sanos. Otras especies, cuando su hábitat se tornó invivible, se extinguieron. Seguramente sabremos complicar y desfigurar un poco esta ley de la naturaleza, pero no la vamos a cambiar.

P. Hirsch, Buenos Aires

Con relación a una nota aparecida en el nº 4 de la revista, "La cuestión ecológica", creo oportuno y necesario hacer algunas observaciones.

En dicha nota el autor se fija dos objetivos: refutar dos afirmaciones que, dice, pertenecen a personas interesadas en la ecología y a plataformas de partidos ecologistas o "verdes", pero que son a fin de cuentas ignorantes de la "esencia" del problema.

Creo que ninguno de los objetivos se ha cumplido pero, antes de analizar por qué, quiero manifestar la clara intención política de la nota. Lo cual me parece correcto. No así los intentos por disfrazarla a traves de citas de "teorías económicas" o de "economistas", que aparentemente analizarían la realidad desde algún lugar "incontaminado", desde algún "saber puro".

Está hecha desde una postura política y desde allí voy a analizarla.

El primer signo de esta posición aparece claramente, y no por casualidad, cuando se intenta transformar el tema ecológico en una cuestión de "mercado". Estos discursos, tan en boga hoy en la Argentina, pretenden en nombre del "pragmatismo" convertir toda la realidad en bienes de consumo. Claro que el acceso a estos bienes (ya sean educativos, ecológicos, etc.) se hará en función del poder adquisitivo.

En relación a la primera afirmación, no creo que esté en discusión el tema de interrumpir el crecimiento económico para retornar a algún "paraíso perdido". Creo que hay que reformular sobre qué bases debe hacerse.

Con respecto a la segunda afirmación, la conservación de recursos y la calidad ambiental son temas muy serios, que implican el futuro de la humanidad. No pueden, ni deben, ser dejados a la "libre" voluntad de salvajes grupos de poder económico (ellos controlan el "mercado") que lejos de buscar el bienestar económico (salvo el de ellos) buscan de un modo irracional, lisa y llanamente, el lucro. El capitalismo desplaza sus centros de producción de acuerdo con sus intereses, allí donde encuentran materia prima, mano de obra barata, regímenes políticos adecuados. En síntesis, allí donde las ganancias sean mayores.

No es casual que los países del Tercer Mundo contaminen en un grado mucho mayor el ambiente que los países desarrollados. Países donde se abaratan los costos por acuerdos políticos, los trámites se aligeran, la legislación es burlada, son sitios ideales para aplicar políticas de "mercado". Sin embargo, lejos de desarrollar, estos países parecen cada vez más estancados.

Asimismo, es significativo que en el artículo no se mencione la devastación del Amazonas, Cubatao, Bhopal, etc., como logros del capitalismo. Habría que leer menos "teoría económica" y más los diarios. Parecería que sólo hay universidades privadas famosas, hospitales impecables, etc. Pero capitalismo también es favelas y villas miseria, analfabetismo, desnutrición y atraso.

De todos modos el autor advierte, desde una óptica claramente maniquea, que no hay otra salida a la economía de mercado, ya que la otra alternativa es el "socialismo", que encima provocó un terrible y horrendo Chernobyl. Afirmar que países totalitarios, con temibles excrecencias burocráticas enquistadas en el poder son socialistas, es desconocer el espíritu del socialismo. Pero éste es tema para otro debate.

En resumen, no creo que estemos libres de cometer errores (la historia es hecha por hombres y no por dioses), pero sin duda estos serán menores si el crecimiento económico se réaliza sobre bases racionales y consensuadas por

toda la sociedad, lejos de "libres mercados" y de "planificaciones superiores".
Saludo a los editores cordialmente y los felicito por la publicación. *Ciencia Hoy* está creando un espacio de gran valor para la discusión de los grandes temas de la Argentina y Latinoamérica.
Antonio J. Gutiérrez, Ciudadela

• *El autor del artículo "La cuestión ecológica", José Xavier Martini, responde lo siguiente:*

Elogios aparte (que agradezco), hay dos puntos en la carta del lector Hirsch que me parecen cruciales: (a) la inevitable extinción de la especie humana y (b) la prohibición por el gobierno en vez de la acción del mercado.
No sólo se trata de los ocho mil millones de personas sino también de la gigantesca demanda de recursos naturales que ejercen los 700 millones más ricos y de los contaminantes que generan. La conclusión fatalista del lector huele a razonabilidad, si bien los científicos no parecen estar hoy en condiciones de afirmar (o de negar), sobre bases fundadas, hasta qué punto las cosas son así. Su tesis coincidiría con la del Club de Roma de alrededor de 1970 (Limits to Growth), *según la cual sería cuestión de encontrar el punto límite que marca la capacidad portante* (carrying capacity) *de la Tierra. Sin embargo, más allá de ese punto, existen —al menos teóricamente— alternativas a la extinción: por ejemplo, la reducción cruenta (lenta o violenta) de la población humana por los trastornos que origine la contaminación, de suerte que, con menos gente, disminuya la generación de contaminantes y se produzca la consecuente recuperación del ambiente y la supervivencia de la especie diezmada.*
Es interesante recordar a este respecto que en los últimos 800 millones de años —desde que existen rastros fósiles de vida— se cree que han tenido lugar alrededor de doce episodios de extinciones masivas de especies, la última hace unos 66 millones de años, cuando se marcharon los dinosaurios y, con ellos, entre el 60 % y el 80 % de las restantes especies animales. Hoy se estima que el ritmo de extinción es de un millón de especies cada 25 años (o una cada 13 minutos). Pero nadie está muy seguro sobre cómo se compara esto con las extinciones masivas mencionadas. Lo cual no soluciona el problema pero le da perspectiva. ¡Y puede servir de consuelo recordar que algunas extinciones masivas pudieron tardar hasta un millón de años!
En cuanto a la prohibición lisa y llana por parte de los gobiernos, ella funcionaría si las cosas fueran binarias: o contaminan o no lo hacen. Todo es, en algún grado, contaminante, y el ambiente tiene una determinada tolerancia. Estoy de acuerdo con el hecho de que ciertos casos extremos (cianuro en el agua potable, y aun esto sólo por encima de cierto umbral) pueden y deben tratarse por medio de la prohibición. Pero para la gran mayoría de los casos el enfoque no funciona, tanto por razones técnicas como por imposibilidad política (¿o acaso el consumo de drogas no está prohibido?). Además, su solución nos encamina hacia gobiernos dictatoriales (¿quién vigila a los vigilantes?). Tal vez sea mejor que la humanidad se extinga en paz y democracia que asegurarle una supervivencia de algunos (¿miles de?) años adicionales bajo Big Brother.
El lector Gutiérrez, por su parte, está convencido de que mi nota tuvo una "clara intención política".
Probablemente no acepte que el objetivo de escribirla no haya sido refutar las dos ficticias afirmaciones colocadas al comienzo del texto; en realidad las mismas resultaron incluidas únicamente a título de ejemplo, si bien ahora advierto que la idea pudo ser desafortunada —y tal vez más aún la mención de los partidos "verdes"— por cuanto convirtió al artículo, a los ojos de este lector y quizá de otros, en un panfleto de propaganda política.
Sea como fuere, atribuir intenciones es un juego arriesgado: permítaseme señalar que el autor de la carta se equivocó al juzgarlo, ya que mis propósitos —que sólo yo puedo descubrir— no fueron más allá de demostrar que los bienes ecológicos se han convertido en bienes económicos, que el análisis económico es útil para abordar la cuestión ecológica y que es equivocado rechazar la economía en nombre de la ecología. Si alguien prueba que estas tesis están equivocadas, bienvenidos sean sus argumentos.
En otro orden de ideas, creo vislumbrar una incongruencia en el razonamiento del firmante de la carta: la comparación del capitalismo real con un socialismo ideal, de la cual no pueden resultar más que conclusiones erróneas, tan erróneas como las que resultarían de comparar el socialismo real con un capitalismo ideal. Para concluir algo valedero hay que comparar los modelos ideales entre sí, por un lado, y los regímenes reales entre ellos, por el otro. Es común, sin embargo, caer en aquellas comparaciones falaces. Siempre me asalta la sospecha de que ello se produce porque se buscan razonamientos que confirmen convicciones preadquiridas (¿o debo llamarlas prejuicios?).
Hay un punto, sin embargo, en el que estoy de acuerdo con el lector Gutiérrez: la conveniencia de que el crecimiento económico se realice sobre bases racionales y con la participación de toda la sociedad. Pero solamente conozco dos maneras básicas de organizar la actividad económica para que así acontezca: el mercado o la planificación central. Cada sociedad debe elegir cuál prefiere.

EMIGRADOS

He leído con interés y entusiasmo los primeros cuatro números de *Ciencia Hoy*. Sin embargo, me tomo la libertad de formular una observación: en ninguno de esos números se ha mencionado, sino el más grave problema de la ciencia del país, uno de los más antiguos y no discutibles para el desarrollo de la misma. Y voy a evitar el ya hoy lugar común universal de explicar porqué la ciencia es la base fundamental para el desarrollo de cualquier país, viejo o joven, rico o pobre, altamente desarrollado o no.
Acabo de auto-repatriarme al país después de casi 30 años de actuación en universidades europeas y encuentro que la indiferencia acerca de la enorme cantidad de científicos argentinos que actúan con éxito en Europa sigue, aparentemente, incólume. Y hago notar que no tengo en cuenta a los científicos argentinos emigrados a los EE.UU. y a otros países no europeos. Sería demasiado abrumador.

Foto: Bibiana Vilá

Pienso que para la comunidad científica argentina sería muy interesante y democrático saber qué piensan al respecto el CONICET y la Secretaría de Ciencia y Tecnología, teniendo en cuenta que se podría salvar casi gratis y aprovechar aquí y ahora todo lo invertido en esos científicos y ganar, además, toda esa experiencia adquirida.
J. M. Goldschvartz, Buenos Aires

SERES NORMALES

Expreso mi más profunda alegría por ver en vuestra publicación un trabajo de excelente calidad y gran rigor científico, que muestra que también en estas tierras se puede hacer ciencia del mejor nivel. Creo muy importante destacar estos logros, ya que publicaciones como ésta son las únicas herramientas que tienen los científicos de la región para demostrarle al hombre común (que no tiene acceso a los medios científicos) que la ciencia no sólo sirve para crear conocimiento sino también para que el mismo sea usado en pos de la dignificación del hombre.
En particular deseo expresar mi satisfacción por la aparición de columnas referidas a temas del quehacer político nacional, se coincida o no con las opiniones que en ellas se expresan, y que demuestran que los científicos no son iluminados encerrados en un laboratorio a quienes sólo les preocupa su trabajo, sino seres normales como cualquier persona que camina por la calle, con sus mismos problemas.
En días como éstos en que la política científica del Gobierno Nacional no es nada clara, es muy importante que los científicos utilicen estos medios para enseñar a nuestros gobernantes que haciendo ciencia se logran sociedades más justas y dignas.
Rodolfo M. Barros, La Plata

VICUÑAS

Dado que en el artículo "Paisaje con vicuña", publicado en el nº 4 de *Ciencia Hoy*, se menciona la "leyenda de Coquena", me ha parecido oportuno enviarles un poema que fuera publicado hace ya tiempo por el poeta salteño Juan Carlos Dávalos. En él se menciona "la usanza vieja", según la cual los indígenas capturarían las vicuñas vivas para su esquila "cercando la hoyada" con hilo rojo punzó. Quizá la autora del artículo pueda informarme acerca de la veracidad de esa afirmación. De confirmarse el hecho, constituiría un detalle curioso e interesante, tanto desde el punto de vista del comportamiento animal como del humano. Indicaría, además, una mejor relación del indígena con su medio que el que han tenido los blancos, como ha sucedido en casi todos los casos.
Arturo López Dávalos, Bariloche

• *La autora del artículo responde lo siguiente:*

La afirmación es verdadera. En el Imperio Incaico, los chakus *(grandes cacerías que involucraban la participación de cientos de personas) se realizaban cada cuatro o cinco años. Las vicuñas eran espantadas y arreadas hasta zonas de cañada, corrales o bien hacia espacios cercados con estacas unidas por sogas de la lana con trapos coloridos, y luego capturadas con boleadoras. Algunos autores creen que los animales sólo eran esquilados, pero ello es poco probable, ya que también la carne era utilizada. Antes de iniciar los* chakus *se realizaba una ofrenda a Pachamama o a Coquena, cuyo sentido era el de pedirles las vicuñas y explicarles la necesidad de obtenerlas. Con la llegada de los españoles, las armas de fuego y la codicia cambiaron la modalidad de caza. Las poblaciones de vicuñas disminuyeron rápidamente y se modificó, ante los ojos del indígena, la "relación entre el cazador y la Pachamama", ya que ésta dejó de ceder ciertos animales de su propiedad y pasó a defenderlos y vengarlos. Por lo demás, la autora comparte con el lector su apreciación acerca de la interacción entre los indígenas y su medio ambiente.*

La leyenda de Coquena

Cazando vicuñas anduve en los cerros.
Heridas de bala se escaparon dos.
—No caces vicuñas con arma de fuego,
Coquena se enoja —me dijo un pastor.

—¿Por qué no pillarlas a la usanza vieja,
cercando la hoyada con hilo punzó?
¿Para qué matarlas, si solo codicias
para tus vestidos el fino vellón?

—No caces vicuñas con arma de fuego,
Coquena las venga, te lo digo yo.
¿No viste en las mansas pupilas oscuras
brillar la serena mirada del dios?

—¿Tú viste a Coquena?
—Yo nunca lo vide,
pero sí mi agüelo —repuso el pastor;—
una vez oíle silbar solamente,
y en unos tolares como a la oración.

Coquena es enano; de vicuña lleva
sombrero, escarpines, casaca y calzón;
gasta diminutas ojotas de duende,
y diz que es de cholo la cara del dios.

De todo ganado que pace en los cerros,
Coquena es oculto, celoso pastor.
Si ves a lo lejos moverse las tropas
es porque invisible las arrea el dios.

Y es él quien se roba de noche las llamas,
cuando con exceso las carga el patrón.

En unos sayales, encima del cerro,
guardando sus cabras andaba el pastor.
Zumbaba en los iros el gárrulo viento,
rajaba las piedras la fuerza del sol.

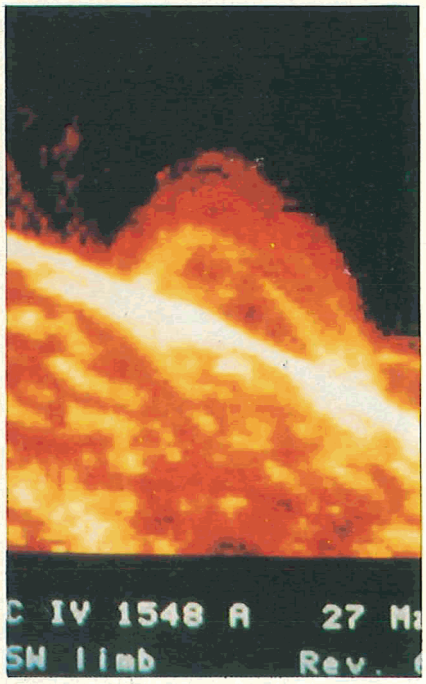
De allende las cumbres de nieves eternas,
venir los nublados miraba el pastor.
Después la neblina cubrió todo el valle,
subió por las faldas y el cerro tapó...

Huyó por los filos el hato disperso,
y a gritos en vano lo llama el pastor.
La noche le toma sentado en cuclillas
y un sueño profundo sus ojos cerró.

Cuando el alba tiñe –limpiando los cielos–
de rosa las abras, despierta el pastor.
Junto a él, a trueque del hato perdido,
Coquena, de oro le puso un zurrón.

No más en los cerros guardando sus cabras
las gentes del valle verán al pastor.
Coquena dispuso que fuese muy rico.
Tal premia a los buenos pastores el dios.

Juan Carlos Dávalos (1887-1959)
Cantos agrestes



8

CARTAS DE LECTORES 1

EDITORIAL 7

AQUÍ CIENCIA 8

En su mayor parte, las "tormentas espaciales" están ligadas a fenómenos de origen magnético en el Sol, en especial a las llamadas fulguraciones. Éstas podrán ser estudiadas en detalle durante el próximo máximo de actividad solar, entre 1991 y 1994.

RESEÑA 14

El psicoanálisis y la física biológica, especialidades respectivas de Fanny Blanck-Cereijido y Marcelino Cereijido, se conjugan para ofrecer un enfoque multidisciplinario de temas tales como la vida, la mente, la realidad, el envejecimiento y la muerte, enhebrados por la noción de tiempo. El resultado es un libro fascinante: *La vida, el tiempo y la muerte.*

28

OPINIÓN 16

Ante episodios de contaminación ambiental se comprueba la inexistencia de organismos específicos de control y de una legislación coherente al respecto. Las consecuencias de estas anormalidades entrañan riesgos que pueden llegar, incluso, a afectar nuestra supervivencia.

ARTÍCULOS 18

CANOEROS DEL EXTREMO AUSTRAL

Luis A. Orquera y **Ernesto L. Piana**

En el áspero clima y la accidentada geografía de la región del canal Beagle vivieron durante milenios los "canoeros", pueblos nómades considerados tradicionalmente como arquetipos de primitivismo social y cultural. Las investigaciones arqueológicas actuales revelan, por el contrario, la existencia entre ellos de un sistema adaptativo de alta eficiencia.

Tapa: detalle de una fotografía que ilustra el artículo "Canoeros del extremo austral" (pág. 18).

MEDICINA POPULAR BRASILEÑA 28

Maria Andréa Loyola

En las ciudades y zonas rurales brasileñas la actividad de los curanderos, rezadores y *pais-de-santo* constituyen una alternativa a la medicina oficial. Estas prácticas, algunas de las cuales han alcanzado difusión entre nosotros, presuponen que la enfermedad es el producto de fuerzas sobrenaturales.

38

¿NUEVOS MATERIALES PARA UNA NUEVA EDAD? 48

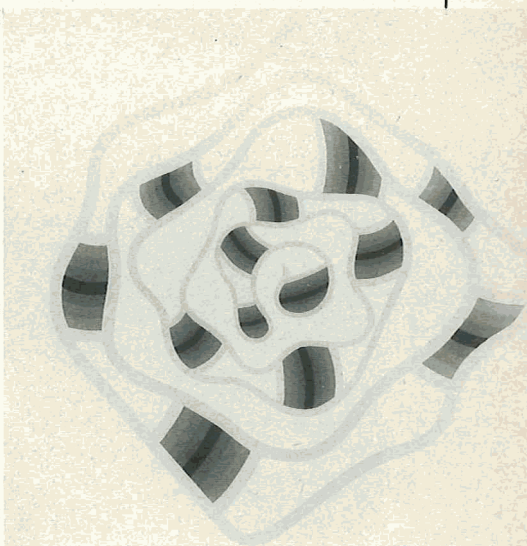
Patricia Frontini

El ritmo de vida moderno obliga a una adecuación rápida y permanente de los materiales, aun de los más novedosos. Los investigadores y tecnólogos argentinos no son ajenos a esta actividad y se esfuerzan por mantener abiertas líneas de trabajo en áreas que han conmovido la estructura económica y social del mundo.

SECRECIÓN DE INSULINA: LA CLAVE ES EL CALCIO 58

Juan J. Gagliardino, Claudio M. Gronda y Juan P. F. C. Rossi

Una compleja red de circuitos interviene en el proceso de síntesis y secreción de la insulina, proceso en el cual el calcio tiene una importancia decisiva. La resolución de interrogantes que aún suscita el funcionamiento de este mecanismo permitirá comprender mejor la regulación de la secreción de hormonas en el nivel molecular.



48

PERFIL 38

"Los científicos no son unos sabios que viven en el limbo, no son seres perfectos, infalibles. La ciencia es un producto humano y quienes lo producen son personas que en lugar de dedicarse a otra cosa se dedican a la investigación." Convicciones como ésta orientan el diálogo que *Ciencia Hoy* sostuvo en Bariloche con el ecólogo argentino Eduardo H. Rapoport, y en el cual se aborda una gran diversidad de temas: su "paseo al azar" geográfico y profesional, sus investigaciones, la necesidad de proteger nuestro patrimonio genético, la posibilidad de hacer "ciencia pobre" no reñida con la calidad.

56

CIENCIA EN EL MUNDO 56

Formular por medio de ecuaciones las leyes básicas de la naturaleza y dominar instrumentos matemáticos que permiten predecir el comportamiento de los sistemas físicos suele generar un peculiar estado de ánimo en los estudiosos. Si los sistemas considerados fueran aquéllos que están en la base del fenómeno vida, el encanto de calcular sería, tal vez, mayor.

1

Los relojes biológicos/ Superconductividad/El rastro de los groebéridos/Aborto/Anfibios del delta/*Debate:* Neurociencias y psicología/***Perfil:*** Rodolfo Casamiquela/***Aquí ciencia:*** Las BDZ del cerebro, Plomo en la atmósfera, La litiasis en busca de su etiología/***Ciencia en el mundo:*** Moléculas con memoria, Transferencia de un gen a la planta de maíz, ¿Han muerto las supercuerdas?/***Ciencia y sociedad:*** Genética y desarrollo, 50 años de la fisión nuclear, No a las armas nucleares, Emigración de argentinos, La huella digital de ADN.

2

Las secciones indiscretas/¿Quién mató al megaterio?/Informe sobre Chagas/Energía: el azar y la necesidad/*Aquí ciencia:* "Genes saltarines" y resistencia a los antibióticos, Orígenes de la nacionalidad argentina, La formación de los glóbulos rojos/***Opinión:*** La infancia en las ciudades/***Perfil:*** Guido Beck/***Ciencia en el mundo:*** Medicina homeopática, Músculos para robots, ¿Es caótico el movimiento de Plutón?/***Ciencia y sociedad:*** Mortalidad infantil, Pampa semiárida: nuevos cultivos.

3

Fusión fría/La arquitectura de las neuronas/¿Y esto por qué se rompió?/Inflación e hiperinflación/*Entrevista:* Pierre Thuillier/***Opinión:*** Drogadicción/***Ciencia en el mundo:*** ¿Es metafísica la inflación cosmológica?/***Ciencia y sociedad:*** Braun Menéndez nos falta por todas partes, Fecundidad adolescente, Memoria y censura, Las semillas artificiales, No a la destrucción del medio ambiente, Diálogo entre científicos argentinos/***Memoria de la ciencia:*** Lavoisier: la madurez de la química.

4

Indígenas en el mercado colonial/Mareas rojas/La cuestión ecológica/Paisaje con vicuña/Gravitación y experiencia/*Aquí ciencia:* Por qué no somos eternos, El dinosaurio antártico/***Perfil:*** Juan J. Giambiagi/***Memoria de la ciencia:*** El legado de Ameghino/***Ciencia en el mundo:*** La década del endotelio, El púlsar en la supernova/***Opinión:*** Crotoxina/***Ciencia y sociedad:*** Las comunidades incrustantes, Nuevas etapas del diálogo, Ética y situación contemporánea, Freud y la cultura argentina.

5

La biogeografía histórica/ Búsqueda de inteligencias extraterrestres/Galileo y los efectos del tamaño/Nuevas imágenes de un mundo rural/ Modelos hídricos y realidad/ *Aquí ciencia:* El matrimonio perfecto, Gravitropismo/ ***Entrevista:*** León Olivé/***Memoria de la ciencia:*** Enrique Gaviola: Canto a la Argentina Científica/ ***Opinión:*** Y era una sola flor la tierra/***Debate:*** Bioética/***Ciencia en el mundo:*** Química orgánica y trasplantes de órganos, El proyecto Columbus/***Ciencia y sociedad:*** Mujeres del Tercer Mundo en ciencia y tecnología, Mujeres en ciencias biomédicas.

porque la ciencia es cosa de todos

CIENCIAHOY

Pida estos ejemplares a su proveedor habitual
o en Corrientes 2835 - Cuerpo A, 5° A (1193) Capital Federal

UNA ACTITUD SUICIDA

La quiebra fiscal y administrativa es el aspecto más visible de la crisis que afecta a nuestro país. Ésta, sin embargo, tiene raíces mucho más profundas. Por eso *Ciencia Hoy* ve con preocupación cómo, en el discurso de las autoridades y de los comunicadores sociales, el fracaso de la Argentina se atribuye a causas exclusivamente económicas y cómo, para ilustrar a la ciudadanía sobre "lo que nos pasa", se recurre generalmente a expertos en economía.

Esta simplificación de la realidad hace perder perspectiva sobre el conjunto de valores que constituyen nuestra precaria identidad cultural. Ignora, además, que toda solución que vaya más allá de la mera transferencia circunstancial de cargas de un sector a otro de la sociedad requiere cambios profundos, y para que éstos se produzcan la educación y la ciencia son indispensables. Es por lo tanto contradictorio pretender cambiar el país y al mismo tiempo asfixiar económicamente su actividad científica y educativa.

La falta de mecanismos que garanticen una genuina representación de la comunidad científica ha caracterizado a la conducción de los organismos rectores de la ciencia y la tecnología durante muchos períodos de la vida argentina. Tal estado de cosas ha favorecido, como sucede actualmente, el acceso a posiciones de conducción y asesoramiento de personas que en general no gozan del consenso de sus pares. Esto es así aunque *Ciencia Hoy* reconozca que entre los actuales asesores del área figuran científicos valiosos, cuyo silencio a propósito de la situación que describe este editorial puede llegar a hacerlos corresponsables de la misma aunque no la hayan propiciado.

Las autoridades del CONICET aún no han articulado una política para la supervivencia de la ciencia y la tecnología dentro de la coyuntura que vive el país. En la Cámara de Diputados de la Nación, el bloque mayoritario logró imponer como presidente y secretario de la Comisión de Ciencia y Técnica a diputados cuya acción explícita parece agotarse en la investigación de supuestas "irregularidades" más que en promover el desarrollo científico y tecnológico. El doctor Matera, que se apresuró a congratular a dichas autoridades parlamentarias, tiene entre sus escasos proyectos explícitos la reapertura de las investigaciones sobre la crotoxina, lo que se aproxima peligrosamente a la reivindicación oficial de un fraude científico (véase *Ciencia Hoy* nº 4). El 27 de diciembre de 1989 se decretó la salida de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la órbita presidencial y, poco después, su reingreso a la misma. *Ciencia Hoy* aplaude la rectificación, pero no puede dejar de ver en este hecho un muy claro ejemplo de la confusión que rodea los planes oficiales en materia de ciencia y tecnología.

Durante los últimos meses, las autoridades nacionales han anunciado incrementos en el presupuesto científico y educacional. Mientras dichos anuncios han sido sumamente imprecisos, la aplicación de los sucesivos planes económicos ha tenido y tiene efectos devastadores en el sector científico-tecnológico. Para decidir sobre los recursos destinados a la ciencia y a la tecnología, que en todos los países del mundo provienen fundamentalmente de fondos públicos, se ha de tener en cuenta que la concreción de los planes requiere plazos prolongados, mayores que los que caracterizan a las transiciones políticas. Se ha de considerar, también, que la ciencia es un bien fácilmente exportable, al igual que el capital y a diferencia de la actividad burocrática. Esto ha sido analizado recientemente por integrantes del Foro de Sociedades Científicas Argentinas (véase *La Nación*, 17-1-90). Aun teniendo en cuenta el aumento de remuneraciones aprobado a fines de febrero, los salarios de becarios, técnicos e investigadores del CONICET han sido reducidos desde fines de 1988 a una cuarta parte de su valor. Otro tanto ha sucedido con los recursos disponibles para sufragar los gastos que demanda la investigación. A ello se han agregado los efectos de la eliminación de exenciones impositivas a las importaciones de equipamiento científico aunque provengan de subsidios. Puede decirse, entonces, que las medidas adoptadas para el ámbito científico-tecnológico han tendido a desalentar e interrumpir programas que resultará muy difícil retomar más adelante.

La combinación de la asfixia económica y de una dirigencia que nuestros científicos no merece está teniendo las consecuencias esperadas: una vez más los científicos y tecnólogos argentinos, en particular los mejores y los más jóvenes, optan por dedicarse a otras actividades o continuar sus carreras en el exterior. En virtud de los magros presupuestos y la falta de claridad sobre el futuro, asistimos, ante la indiferencia oficial, a un nuevo ciclo de emigraciones. Una demostración de este mecanismo de selección negativa, en el que sobreviven los menos aptos, se puede encontrar en una reciente encuesta informal realizada entre 36 becarios argentinos de los Institutos Nacionales de la Salud de los Estados Unidos. Los resultados señalaron que ninguno pensaba retornar.

Mucho se habla de la necesidad de modernización, pero esta meta no se puede alcanzar sin los aportes de la ciencia y la tecnología y sin mejorar la calidad de la educación. La pasividad frente al deterioro de estas actividades no hace sino debilitar las posibilidades de recuperación del país. Las erogaciones destinadas a educación, ciencia y cultura son una inversión y no un gasto. Su reducción en aras del equilibrio fiscal, implica, en consecuencia, una actitud sencillamente suicida.

Los editores

Intranquilidad en el Sol

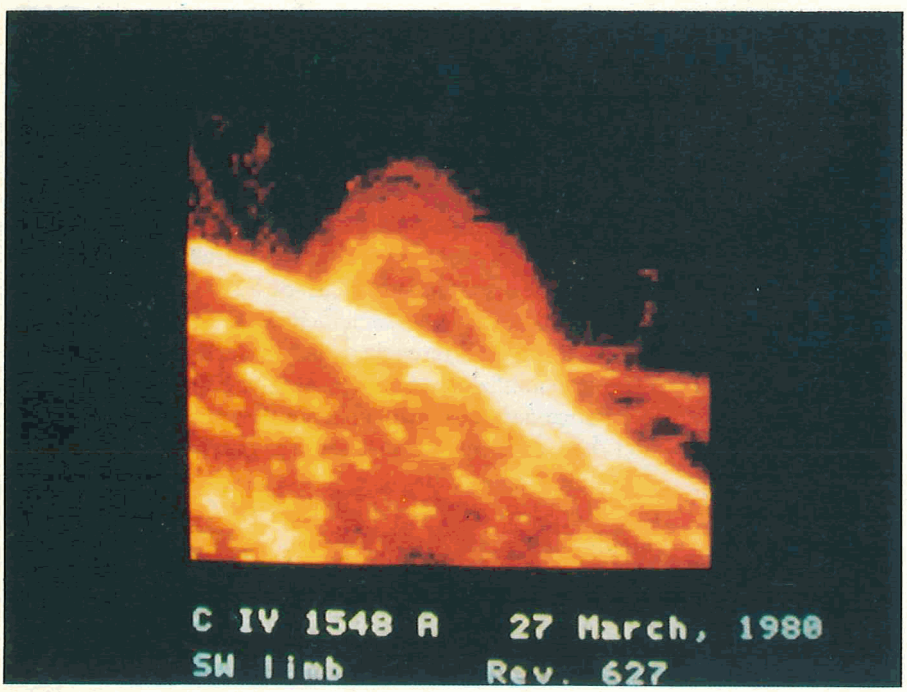


Imagen de una fulguración tomada en ultravioleta.

El Sol es como un prodigioso horno nuclear. Cada segundo, 6×10^{11} kg de hidrógeno (H) se transforman en helio (He) y 4×10^{9} kg de materia se transforman en energía, generando alrededor de $3{,}8 \times 10^{23}$ kW. Aunque durante mucho tiempo se lo consideró una esfera inmaculada, hace más de 2.000 años que se observaron manchas en el disco solar, pero fueron atribuidas a la presencia ya sea de nubes oscuras en nuestra atmósfera o de planetas entre el Sol y la Tierra. Con los primeros telescopios, a partir de 1610, Galileo y otros astrónomos pudieron tener una visión clara de la estructura de las manchas y confirmar que las mismas estaban sobre la superficie del Sol. La observación continua también reveló que eran fenómenos transitorios: pueden persistir durante varios días o aun varios meses, pero finalmente se desvanecen. Esta era la primera evidencia de la actividad solar.

Hace unos 100 años se pudo establecer que el número de manchas tiene una variación cíclica, con máximos cada 11 años aproximadamente, a lo que se llama el ciclo solar. Poco después del descubrimiento de esta periodicidad de la actividad solar se observó una fuerte correlación entre el número de manchas y el número de auroras —una luminosidad momentánea resultante de la precipitación de partículas sobre la atmósfera—, tanto en las zonas boreales como en las australes. También se descubrió que un aumento en el número de manchas traía aparejado una mayor frecuencia en las alteraciones del campo magnético terrestre (las llamadas tormentas magnéticas).

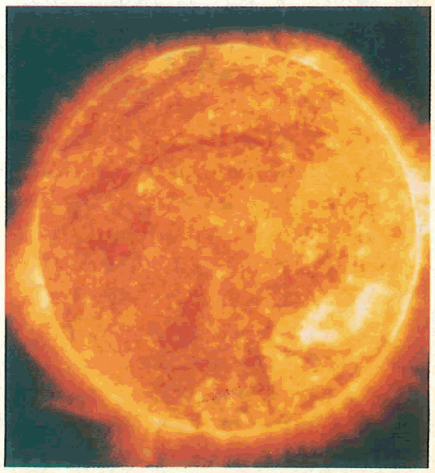
El estudio del espectro de la luz emitida por las manchas mostró que eran regiones con temperaturas menores que las de la fotosfera circundante (véase "La estructura del Sol"). Son zonas con temperaturas de alrededor de 4.300 K (algo más de 4.000 °C), todavía más calientes que la llama de acetileno utilizada para la soldadura de metales, pero considerablemente más frías que los 6.000 K de la fotosfera. Además, las manchas son regiones con campos magnéticos muy intensos, tanto como para impedir el flujo de materia caliente hacia la superficie.

Pero las manchas no son la única manifestación de la actividad solar. Por el contrario, acompañando la aparición de aquéllas existe una cantidad de fenómenos fuertemente correlacionados.

Para entender todas las manifestaciones de la actividad solar y, en particular, los fenómenos transitorios que afectan el medio ambiente terrestre, es necesario tener una idea de la importancia de los campos magnéticos presentes en la superficie del Sol. Si bien su campo promedio es de aproximadamente 1 gauss (apenas un poco mayor que el terrestre), aparecen aisladamente extensas estructuras magnéticas con campos muy intensos, de hasta varios miles de gauss, en las manchas y zonas aledañas (regiones activas). El Sol es, desde el punto de vista de su actividad magnética, una estrella variable. Las manchas, las regiones activas, los agujeros coronales (zonas de campo magnético abierto hacia el espacio interplanetario donde se origina el "viento solar"), varían en ciclos de 11 años. En la cromosfera, la región de transición y la corona, tanto la estructura a largo plazo como la dinámica de la materia están determinadas por el campo magnético, ya que la baja densidad de estas capas hace que la presión magnética predomine sobre la presión del gas.

Los eventos más violentos y energéticos de todos los que ocurren en el Sol y, por lo tanto, en el sistema solar, son las fulguraciones. En un lapso de 100 a 1.000 segundos pueden liberarse hasta 10^{32} ergios, el equivalente a 12.000 millones de bombas atómicas iguales a la lanzada sobre Hiroshima. Estas perturbaciones transitorias son las responsables más directas de las perturbaciones en escalas de tiempo cortas (minutos o días) que produce el Sol sobre el entorno de la Tierra.

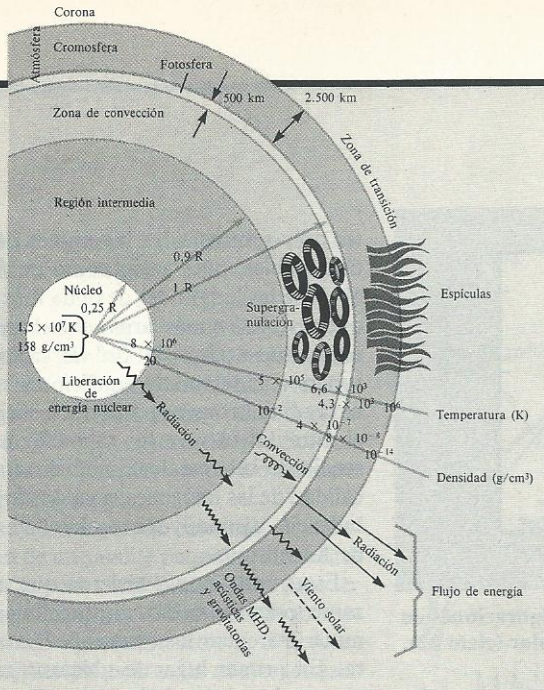
En esencia, una fulguración es una libe-



Fotos: Marshall Space Flight Center, NASA

Corona solar en rayos X.

La estructura del Sol



Dibujos: Francisco Revelli

Imagen cualitativa de la estructura solar (no a escala). Adaptado de *The Quiet Sun*, E. Gibson, NASA.

Hace unos 4.500 millones de años nacía una estrella, una más entre 10^{11} estrellas de la Vía Láctea, nuestra galaxia, una más entre 10^{20} del universo actualmente observable. Su masa, apenas 2×10^{33} gramos, no le auguraba un puesto demasiado destacado entre sus pares. Hoy, con un diámetro de 1,4 millones de km, es 500 veces más pequeña que Antares o Betelgeuse. Pero, aproximadamente 3.000 millones de años atrás, en uno de los peñascos que giraban a su alrededor apareció un fenómeno nuevo, la vida. Así el Sol pasó a ser integrante —probablemente no el único— de un club muy exclusivo, el de las estrellas con planetas que albergan alguna forma de vida.

Su proximidad a la Tierra, alrededor de 150 millones de km (la siguiente estrella, Alfa Centauri, está a 4 años luz, más de 260.000 veces la distancia Tierra-Sol), hace que sea la única estrella que puede ser observada en dos dimensiones e inclusive en tres, mediante dos o más naves espaciales.

A simple vista, el Sol aparece como un disco brillante de borde muy bien definido, pero, en realidad, es una masa gaseosa que se extiende en una nube muy tenue (el viento solar) hasta más allá de la órbita de Saturno.

El conocimiento actual de la estructura solar surge de observaciones realizadas desde la Tierra o desde satélites y sondas planetarias, y también a partir de inferencias de modelos teóricos de su interior. En ella se pueden apreciar las siguientes zonas, que se indican en la figura:

Núcleo. Es la región del Sol, relativamente pequeña, que se extiende desde el centro hasta 0,25 del radio solar (R). El material del núcleo se comprime, bajo su propia acción gravitatoria, hasta densidades y temperaturas tan altas como para permitir la producción de reacciones nucleares. Estas reacciones constituyen la fuente de energía que es continuamente irradiada hacia el exterior. La energía liberada resulta de la síntesis del He a partir del H, según la reacción nuclear

$$4\ {}^1H \rightarrow {}^4He + 2e^+ + 2\nu + 26{,}7\ MeV$$

donde e^+ son positrones y ν neutrinos. Debido a que el flujo de neutrinos detectado en la Tierra es un tercio del flujo predicho por la teoría, subsisten interrogantes sobre los procesos que ocurren en el núcleo.

Zona intermedia (o de transporte radiactivo). Se extiende desde 0,25 R hasta 0,9 R. En esta región la energía liberada en el proceso de fusión del H en la zona interior es transportada hacia el exterior por radiación.

Zona convectiva. A partir de 0,9 R, la temperatura del interior del Sol disminuye tanto que el plasma se vuelve convectivamente inestable. Si se produce el desplazamiento de un volumen de plasma hacia el exterior, su temperatura se mantiene por encima de la temperatura del plasma circundante y, por lo tanto, su densidad es menor; así se genera una fuerza que lo impulsa hacia arriba. Este es un fenómeno semejante al que ocurre cuando se produce la ebullición del agua en un recipiente puesto al fuego. El transporte en esta región se produce por convección, es decir por el movimiento de materia caliente.

Atmósfera solar. Esta se divide, a su vez, en varias regiones: la fotosfera, la cromosfera y, luego de una zona de transición, la corona.

El espesor de la fotosfera es de unos 500 km. La superficie externa de esta región es la visible a simple vista como un disco. Su diámetro ($1{,}4 \times 10^6$ km) y la temperatura efectiva de toda la capa emisora (5.780 K) son consideradas como el diámetro del Sol y la temperatura de su superficie.

La cromosfera es visible durante un eclipse total del Sol como un aro de color que rodea a la Luna. La temperatura, que alcanza un mínimo de 4.700 K en la fotosfera, aumenta hasta unos 10.000 K en la cromosfera. El aumento de la temperatura parece estar asociado a la disipación de energía mecánica (ondas acústicas) y a la estructura magnética de la cromosfera.

La corona sólo es visible en luz blanca durante un eclipse total del Sol, cuando la Luna cubre el disco solar, mucho más luminoso. Se presenta como un tenue halo que rodea al Sol, de forma irregular. La temperatura en la corona es de aproximadamente un millón de grados.

Entre la corona y la cromosfera existe una capa delgada de algunos centenares de kilómetros, en la que la temperatura varía rápidamente de los 10^6 K de la corona hasta 10^4 K. Esta capa, llamada zona de transición, está dominada por el flujo de calor de la región caliente a la fría; su alto gradiente térmico da una idea de la energía transportada.

ración explosiva de energía en la atmósfera solar, concentrada espacialmente y a la que le sigue un decaimiento gradual del movimiento del material y de la temperatura. El plasma (gas ionizado, es decir que sus componentes están cargados ya sea positiva o negativamente) de la fulguración, con temperaturas de varias decenas de millones de grados, queda confinado por las líneas del campo magnético conformando gigantescos arcos de materia con alturas que alcanzan centenas de miles de kilómetros. La fuente de la energía liberada en estos eventos es el campo magnético acoplado a los movimientos del material fotosférico.

Las fulguraciones producen emisión en todo el rango del espectro electromagnéti-

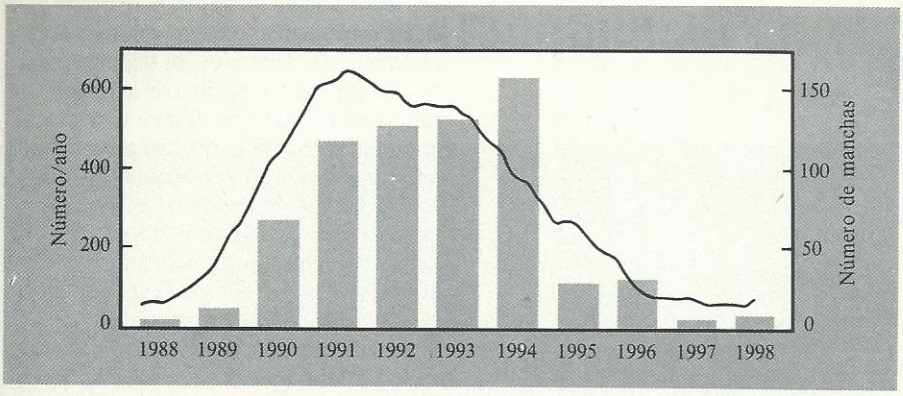


Fig. 1. Predicciones del número de manchas (curva) y del número de fulguraciones en rayos X (histograma) estimadas para el próximo máximo de actividad solar (ciclo 22). Fuente: National Oceanic Atmospheric Administration (NOAA).

co: ondas de radio, luz visible, ultravioleta, rayos X, rayos gama. Por las observaciones de rayos X de alta energía y rayos gama hechas durante el último máximo de actividad solar (1980-1981) se estableció que toda esta emisión está acompañada por la aceleración de un considerable número de partículas, tanto electrones como protones. Tales procesos de alta energía se presentan no sólo en las fulguraciones solares, sino también en una gran variedad de otros sitios astrofísicos, como magnetosferas planetarias, fulguraciones estelares y supernovas.

Si bien hay fulguraciones aun en los mínimos de la actividad solar, durante los máximos aumenta su frecuencia y se producen los eventos con mayor liberación de energía (véase la figura 1).

La fase más compleja de una fulguración es la inicial o impulsiva, que dura únicamente algunos minutos. Entre sus características más importantes está la intensa emisión de rayos X de alta energía. Las observaciones hechas por medio de satélites durante el último máximo mostraron por primera vez que esta emisión se produce en áreas pequeñas de la zona de transición. Estas son, aparentemente, las bases de estructuras magnéticas (*loops*) en forma de arco que se extienden en la corona. Los *loops* siempre conectan zonas de polaridad magnética opuesta (véase la figura 2).

La emisión de rayos X de alta energía podría ser producida por partículas aceleradas en el *loop*, en la zona coronal. Estas, confinadas por el campo magnético, chocan con capas más densas de la zona de transición. Los rayos X emitidos se generan por el frenado de las partículas cargadas.

La fase impulsiva es acompañada por un aumento de la emisión de rayos X de baja energía de todo el *loop* debido al calentamiento del plasma con temperaturas de entre 10 a 20 millones de grados.

Las fulguraciones ocurren porque, por alguna inestabilidad magnetohidrodinámica del plasma, se produce la eyección de materia coronal (filamento), que comienza a elevarse por debajo de los *loops* arrastrando las líneas de campo magnético. A medida que el filamento sube y abre las líneas del campo, por debajo comenzará la reconexión del mismo. Las sucesivas reconexiones, a alturas progresivamente mayores, dan lugar a la formación de un nuevo sistema de *loops* en la corona, en una configuración de menor energía. En este proceso de liberación de energía se calienta el plasma a temperaturas muy altas y en regiones confinadas, fenómeno acompañado por aceleración de partículas que se dirigirán hacia la base del *loop* emitiendo rayos X de alta energía y radiación en líneas espectrales del átomo de hidrógeno. A continuación, en la fase gradual, la emisión de rayos X de baja energía alcanza un máximo y luego decae por el enfriamiento progresivo del plasma.

Las fulguraciones solares exhiben muchos de los procesos físicos fundamentales de la magnetohidrodinámica y de la física del plasma (reconexión magnética, aceleración y propagación de partículas y disipación turbulenta). Por lo tanto, la física de las fulguraciones tiene relevancia directa sobre los plasmas de laboratorio y en una gran variedad de fenómenos astrofísicos.

Si bien las observaciones del Sol desde telescopios y radiotelescopios proveen valiosa información a los astrónomos, la presencia de la atmósfera terrestre pone límites muy severos a las longitudes de onda observables, pues actúa como un filtro y absorbe las longitudes de onda más cortas que el violeta o más largas que el rojo. Las capas más activas del Sol (la cromosfera superior, la región de transición y la corona) radian la mayor parte de su energía en el ultravioleta y en los rayos X. La presencia de la atmósfera también afecta la calidad de las imágenes; a causa de su turbulencia, disminuye la resolución espacial de las mismas.

Estas limitaciones hicieron que se utilizaran todos los medios disponibles para eliminar o atenuar los efectos de la atmósfera. En primer lugar se ubicaron telescopios en las cimas de las montañas, luego se usaron globos, a partir de la Segunda Guerra Mundial los cohetes y finalmente, desde 1960, los satélites.

El próximo máximo de actividad solar, entre 1991 y 1994, permitirá nuevamente un estudio intensivo de las fulguraciones. Los adelantos en la instrumentación logrados desde el último máximo (véase "La observación del Sol desde el espacio") ayudarán a avanzar en las cuestiones fundamentales de la física de las fulguraciones solares: ¿cuándo y dónde se almacena la energía liberada en las fulguraciones?, ¿cómo se inicia una fulguración?, ¿cuáles son los mecanismos de liberación de la energía?, ¿cómo son aceleradas las partículas?, ¿cuáles son los mecanismos de transporte de la energía?, ¿cómo se propagan los efectos de las fulguraciones hacia la Tierra?

Muchos países ya han definido programas de observación del Sol durante el próximo máximo. En algunos casos, estos programas incluyen observaciones desde el espacio: Japón, EE.UU., URSS y un conjunto de países europeos tienen aprobadas misiones con satélites. La coordinación internacional de todos los planes permitirá un avance más rápido en la resolución de los problemas de la física del Sol y evitará la superposición de esfuerzos. Con este fin se ha instrumentado un programa internacional, FLARES 22 (por *fla*res, "fulguraciones", *res*earch en el próximo máximo solar, denominado ciclo 22) a cargo del Comité Científico Internacional de Física Solar-Terrestre (SCOSTEP). Este programa incluirá también vuelos de larga duración de globos, la participación de observatorios terrestres en campañas de observación con fines específicos y la promoción de intercambio de información y colaboración internacional en el área de los cálculos teóricos. La dirección y coordinación ge-

neral del programa estará a cargo de físicos solares argentinos.

Dentro del marco de un acuerdo firmado por la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) y la NASA en junio de 1989, la Argentina se planteó participar en la observación del Sol desde el espacio durante el próximo máximo de actividad solar.

El proyecto argentino contempla la construcción de un satélite pequeño, el Satélite de Aplicaciones Científicas (SAC), para ser puesto en órbita por el Transbordador Espacial en el segundo semestre de 1992 (véase "Satélites pequeños, la nueva tendencia").

El objetivo científico fundamental del SAC es estudiar la liberación y transporte de la energía en estructuras magnéticas durante las fulguraciones, desde los *loops* coronales hasta las capas profundas de la cromosfera.

En particular las observaciones del SAC

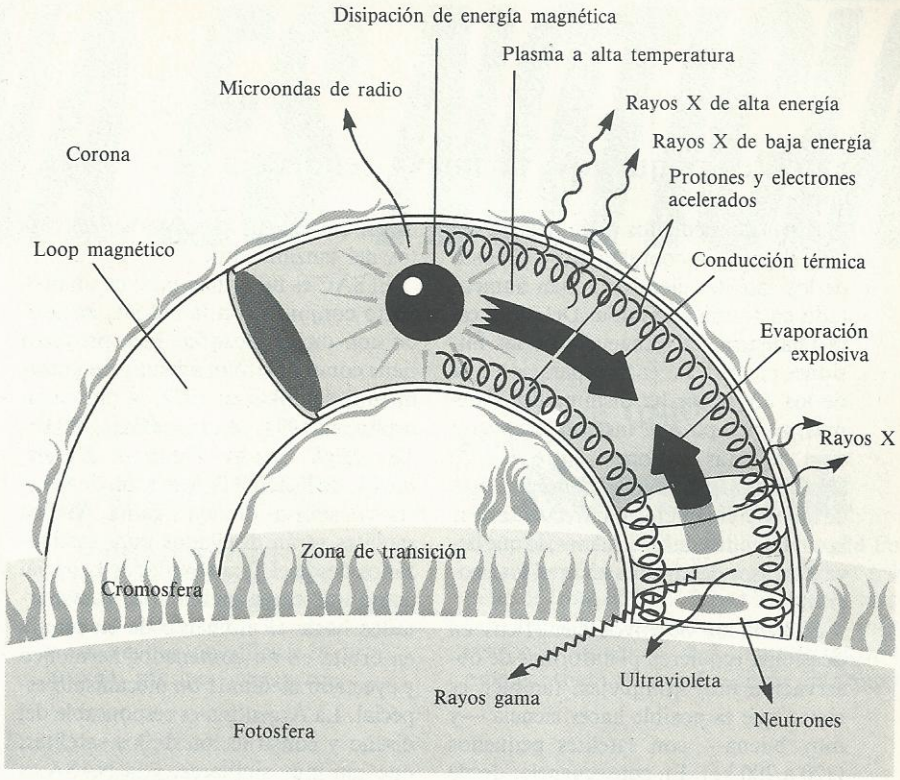


Fig. 2. Posible escenario para una fulguración.

La observación del Sol desde el espacio

Los OSO (Orbiting Solar Observatory) fueron una serie de ocho satélites lanzados por EE.UU. entre 1961 y 1975. Con pesos que oscilaban desde los 206 kg (OSO-1) hasta los 1.052 kg (OSO-8) permitieron por primera vez la observación sistemática del Sol desde el espacio.

Entre 1973 y 1974, el Skylab, laboratorio orbital tripulado, permitió profundizar el conocimiento de los procesos básicos que ocurren en el Sol y, en particular, establecer la preponderancia tanto estructural como energética de los campos magnéticos a todos los niveles de la atmósfera solar.

La instrumentación del Skylab constaba de:

- Tres espectrógrafos para el ultravioleta (150-615 Å, 300-1.400 Å y 970-3.940 Å);
- dos telescopios para rayos X (2-200 Å);
- dos telescopios para observar la línea H_α (6.563 Å);
- un coronógrafo (3.500-7.000 Å).

Del análisis de los datos provistos por la serie OSO y luego por el Skylab surgieron interrogantes que requerían de una nueva generación de instrumentos. La respuesta fue el satélite Solar Maximum Mission (SMM), puesto en órbita por EE.UU. el 14 de febrero de 1980. Su sofisticada instrumentación permitió observar las fulguraciones solares con las máximas resoluciones temporal y espacial alcanzadas hasta hoy.

En 1981, Japón lanzó un satélite dedicado a la observación del Sol, el Hinotori, de apenas 180 kg de peso. En cuanto a misiones futuras, dicho país ha decidido la puesta en órbita de un satélite, el SOLAR-A, para el estudio de la radiación energética emitida en fulguraciones solares. La instrumentación, parte propia y parte provista por EE.UU., consta de dos instrumentos de imágenes en rayos X, duros y blandos, y dos espectrómetros, uno de tipo Bragg para la observación de líneas espectrales y otro para la detección de emisión en el continuo a mayores energías. Las observaciones serán superiores a las realizadas por los satélites en el último máximo: el SMM y el Hinotori.

El Gamma-Ray Observatory (GRO) de EE.UU. también está planeado para observar radiación en muy alta energía. Su objetivo primario es la detección de radiación celeste, aunque con capacidad para la observación solar realmente impresionantes.

Conocido anteriormente como la Misión Polar Solar Internacional, *Ulises* llevará detectores para la observación de la emisión de rayos X de alta energía. El satélite será enviado primeramente hacia Júpiter donde, aprovechando el campo gravitatorio de este planeta, "dará vuelta" en una órbita que lo llevará a su regreso por encima de uno de los polos del Sol. Es así como, en combinación con otros satélites en órbita terrestre, observando desde otro ángulo, Ulises proveerá información tridimensional de la estructura de las fulguraciones en altas energías.

Además, diversos países, entre ellos EE.UU. y China Popular, llevarán a cabo observaciones solares desde globos estratosféricos. Aprovechando las técnicas más modernas, se puede en la actualidad efectuar vuelos automáticos transoceánicos de larga duración (del orden de los 15 días), que suplantan en parte las observaciones realizadas desde satélites. Estos globos llevarán pesadas cargas instrumentales para la medición de rayos X, rayos gama y campos magnéticos en la fotosfera solar.

Satélites pequeños, la nueva tendencia

A partir de mediados de la década del '70, el peso, la complejidad y el costo de los satélites científicos han aumentado en forma sostenida. Debido a esta tendencia, la frecuencia de las misiones científicas, en comparación a la de los años '60, ha disminuido. Además, el tiempo que insume la concreción de estas misiones, entre 5 y 10 años, también agravó las consecuencias de fallas en el satélite, más frecuentes por la complejidad de los sistemas, lo que lleva a atrasos de muchos años en los programas.

Si bien los objetivos científicos en ocasiones requieren plataformas de observación muy complejas, también es cierto que es posible hacer ciencia —y muy buena— con satélites pequeños (120 a 200 kg). En consecuencia, desde hace algunos años, se trabaja en el desarrollo de pequeños satélites, de bajo costo y corto tiempo de ejecución.

Estos satélites se colocan en órbita con portadores de gran capacidad como el Transbordador Espacial (EE.UU.), en vuelos donde el objetivo principal es la puesta en órbita de grandes satélites de comunicaciones, teleobservación u otros, que son los que absorben los costos del lanzamiento.

El SAC es un primer paso en un proyecto conjunto con la NASA, encarado con dicha filosofía. Este proyecto tiene como objetivo, además del lanzamiento del SAC en 1992, la puesta en órbita, en 1994, de otro satélite, el HETE *(High Energy Transient Experiment)*, dedicado a la detección de fuentes transitorias de rayos gama. Ambos satélites serán diseñados para ser lanzados desde el Transbordador Espacial como una carga secundaria, transportados hasta el momento de su puesta en órbita en un contenedor hermético y eyectado mediante un mecanismo especial. La Argentina es responsable del diseño y construcción de los satélites, que son muy similares, y la NASA es responsable de su puesta en órbita. En cuanto a la instrumentación científica, la responsabilidad es argentina en el SAC y compartida en el HETE.

En el caso de estos dos satélites se presentan ciertas complejidades tecnológicas derivadas de la órbita habitual del Transbordador, de sólo 300 km de altura. En esta órbita, debido a la resistencia de la atmósfera, la vida de un satélite es de pocos meses. La solución es elevar al satélite a una órbita de por lo menos 500 km de altura. Esto obliga a que el satélite cuente con un sistema de propulsión propio. Por razones de seguridad del Transbordador, no pueden utilizarse los sistemas más eficientes (máxima relación empuje/peso del sistema) tales como un motor de combustible sólido o con combustibles líquidos del tipo de la hidrazina. El empuje necesario para el cambio de órbita deberá lograrse mediante la expansión, en una tobera, de gases como el nitrógeno, el freón o el amoníaco.

Aun con estas dificultades, el SAC y el HETE permitirán a la Argentina ingresar con una inversión relativamente muy baja en el mundo de la tecnología satelital. Muchas universidades o instituciones científicas con una capacidad económica limitada podrán ser clientes para estos satélites pequeños. La estimación actual de costos del SAC, por el lado argentino, oscila entre dos y tres millones de dólares. No se incluye en ella el costo de lanzamiento, que estaría a cargo de la NASA.

están dirigidas a:

- Elucidar el mecanismo de transporte de la energía térmica y de las partículas energéticas y su interacción con la atmósfera solar.
- Determinar el papel que desempeñan los electrones energéticos durante todo el proceso de la fulguración, particularmente aquéllos con energías inferiores a los 50 keV, donde se encuentra la mayor parte de la energía asociada a los electrones.

El peso total del SAC es de 113 kg, compartidos entre la instrumentación científica y los distintos sistemas de servicio que integran el satélite propiamente dicho: la estructura mecánica, el sistema de generación de potencia, el sistema de orientación, el sistema de procesamiento de la información recolectada por el satélite y el sistema de comunicaciones.

El control de la orientación del SAC se hará mediante un sistema magnético que actuará en forma automática, asegurando que los instrumentos científicos siempre estén orientados hacia el Sol.

El satélite podrá almacenar en memorias de estado sólido hasta 4,25 Mbit de información: 2,25 Mbit corresponderán a datos científicos y 2 Mbit a datos de ingeniería (temperaturas, tensiones y otros parámetros que permiten conocer el estado del satélite).

La información será transmitida a tierra durante cada pasaje del SAC sobre la estación terrena, ubicada en el norte de la Argentina. Durante cada pasaje, además de recibir los datos almacenados a bordo, también se transmitirán desde tierra órdenes de control para cambiar, de ser necesario, ciertos parámetros de funcionamiento de los instrumentos científicos y de los sistemas de servicio.

Los instrumentos científicos que irán a bordo del satélite son los siguientes:

- Un espectrómetro de rayos X de alta energía. Este instrumento consiste en un detector omnidireccional que observa todo el Sol. Provee espectros de la emisión en rayos X duros (entre 20 y 320 keV) con alta resolución temporal, de hasta unos pocos milisegundos para fulguraciones intensas. La obtención de espectros cada pocos milisegundos es suficiente como para seguir la evolución de los electrones responsables de la emisión en rayos X, a medida que viajan a lo largo de los arcos magnéticos.
- Un fotómetro de banda ancha. Con este instrumento se obtendrán las primeras mediciones de la energía total radiada por las fulguraciones en el rango de 49 a 9.000 Å ($1\,Å = 10^{-8}$ cm). También permitirá medir variaciones en el flujo total del Sol.

La construcción del satélite está bajo la responsabilidad de la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) y los instrumentos científicos, del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE). La CNIE ha gestionado el apoyo de la Secretaría de Ciencia y Tecnología para atender los costos de la participación argentina.

José M. Gulich, Ana M. Hernández
Instituto de Astronomía y Física del Espacio
Marcos E. Machado
Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales

Ilustración: Fernando Sendra.

3) Los pobladores de las inmediaciones beben agua del nivel freático (el más superficial) y la ciudad se abastece de aguas subterráneas provistas por un acuífero semiconfinado, mediante algunos pozos cercanos al depósito.

En consecuencia se siguieron los siguientes pasos: radicar una denuncia penal, informar a las reparticiones posiblemente competentes y dar los hechos a publicidad. Al día siguiente cinco importantes matutinos recogieron la noticia y titularon sus notas destacando el hallazgo de "materiales radiactivos". Como lógica consecuencia, varios organismos públicos se interesaron —Obras Sanitarias de Buenos Aires, Ministerio de Salud y Comisión Nacional de Energía Atómica— y concurrieron al lugar esa misma tarde. Los técnicos en conjunto, luego de efectuar pericias de campo, firmaron un documento que manifestaba: "no se detectaron niveles de radiación que superen el fondo natural" y concordaron en que "al detectarse la presencia de hidrocarburos y otros residuos sólidos... lo que indica posibilidad de contaminación subterránea, se seguirán los análisis químicos e hidrogeológicos para determinar la afectación de la napa" (30-6-89). Sólo dos matutinos transmitieron esta noticia, expresando la desaparición de los problemas de contaminación, porque "las agujas alejaron el fantasma de la radiación" (?).

Al analizarse el agua subterránea aparecieron otras discrepancias. Para los técnicos de Obras Sanitarias no había contaminación mientras que para el Centro de Investigaciones del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Plata tres de cuatro muestras analizadas con la metodología oficial excedían el contenido máximo admisible en hidrocarburos.

Los informes de las determinaciones de radiactividad en laboratorio no fueron la excepción. El personal de la CNEA manifestó no registrar elementos radiactivos "no naturales", mientras que científicos del Departamento de Física de la Universidad de La Plata informaron que sus medidas no les dejaron lugar a dudas sobre la presencia de elementos radiactivos ajenos al fondo natural, aunque en la actualidad no constituyan un peligro para la salud de la población de la zona.

Quienes hemos sido protagonistas comprometidos de estos hechos nos planteamos un verdadero aluvión de interrogantes morales y formales, técnicos, institucionales, políticos, económicos... Frente a este hecho nos preguntamos: ¿quién produjo los residuos?, ¿quién los abandonó?, ¿cuánto afectaron al medio y a los vecinos?, ¿quién reparará los daños?, ¿quién debería controlar este tipo de depósitos?, ¿cuántos hay? Y en general, sobre las situaciones de contaminación: ¿es apropiado el sustento científico con que las afrontamos?, ¿son correctos los procedimientos técnico-administrativos de prevención y control?, ¿son suficientes y adecuadas las normas con que contamos?

Aunque no aparezca en forma evidente, la raíz profunda del problema que encierran estos interrogantes es la falta de un paradigma que estructure las acciones ambientales de la sociedad: un conjunto de definiciones y conceptos que vertebren los objetivos colectivos con respecto al ambiente que compartimos, los códigos de comunicación y la estrategia apropiada para equilibrar nuestras humanas necesidades con la ciclicidad material y energética del medio que habitamos. Ante esta carencia debemos analizar, frente al ejemplo propuesto, las herramientas disponibles para la protección del ambiente.

Los recursos normativos con que cuenta la provincia de Buenos Aires para afrontar la contaminación de origen industrial se reducen a un par de leyes (5.965 y 7.229) que se ocupan de los residuos sólidos y los efluentes de los establecimientos fabriles. Pero para casos como éste, en que hay un depósito de residuos sin un responsable evidente, no poseemos una norma apropiada: podría decirse que existe una brecha en la legislación.

Tampoco dispone la provincia de criterios constitucionales que orienten la acción ambiental pública y privada como, por el contrario, poseen los estados provinciales que reformaron los textos constitucionales desde 1984 hasta hoy. Cabe agregar que tampoco la Constitución provee un auxilio específico, porque si bien son conocidas las propuestas para incorporarle un capítulo en ese sentido, no ha llegado el momento de su reforma. La esperamos.

A nivel ejecutivo, los organismos de aplicación de las normas de preservación de los recursos naturales y el ambiente humano se distribuyen en tres ministerios. Su acción casi nunca ha sido coordinada y ha considerado como secundaria a su labor específica, la que corresponde al ambiente. Dicha heterogeneidad deviene en parte del hecho de que unos deben velar por la preservación de recursos naturales y otros por mantener controladas las actividades del hombre, según la legislación que cada uno debe aplicar, pero en definitiva la razón no es otra que la ya mencionada: la falta de un paradigma estructurador.

Hubo intentos de modificar esta situación a través de la creación de un ente único, autárquico, de investigación y control del ambiente. En 1985 ingresaron a la Legislatura provincial proyectos al respecto, tanto por Cámara de Senadores como de Diputados, pero, pese a haber obtenido siempre media sanción, hoy engrosan los archivos. Otros proyectos siguen en trámite.

A la luz del ejemplo, es necesario discutir además cuál es el nivel de la administración pública que debe intervenir o, mejor dicho, cuál es la actuación más adecuada para los niveles nacional, provincial y municipal. En el caso de La Plata, actuó en primer término un organismo municipal con sólo cinco meses de antigüedad, sin equipamiento y con nulos recursos normativos que respaldaran su acción. A su turno, la intervención provincial enfrentó desajustes técnicos y fue necesario admitir el descontrol de este tipo de situaciones. Del nivel nacional intervino un organismo específico en el control de radiación, que vio contradicho su breve informe por una institución académica, también nacional.

Resta mencionar a la Justicia, que podrá actuar positivamente sólo si se demuestra "envenenamiento" de aguas potables destinadas al uso público, porque el único instrumento de que dispone, el artículo 200 del Código Penal, así lo exige. Y si se confirmara la presencia de radiactividad y ésta hubiera sido en algún momento peligrosa para la salud, ya no estará en condiciones de aplicar el artículo 186 bis, que afirmaba: "el que mediante explosión o liberando energía nuclear creare un peligro común para las personas o bienes, será reprimido...", porque fue derogado.

Quizás el retraso con que están saliendo a luz hechos como el que se comenta sea una manifestación de pudor por la irresponsabilidad colectiva en la administración de los recursos ambientales. Sin embargo, no nos podemos seguir ocultando las consecuencias de esta actitud, porque afectan nuestra supervivencia. ⊙

CANOEROS del extremo austral

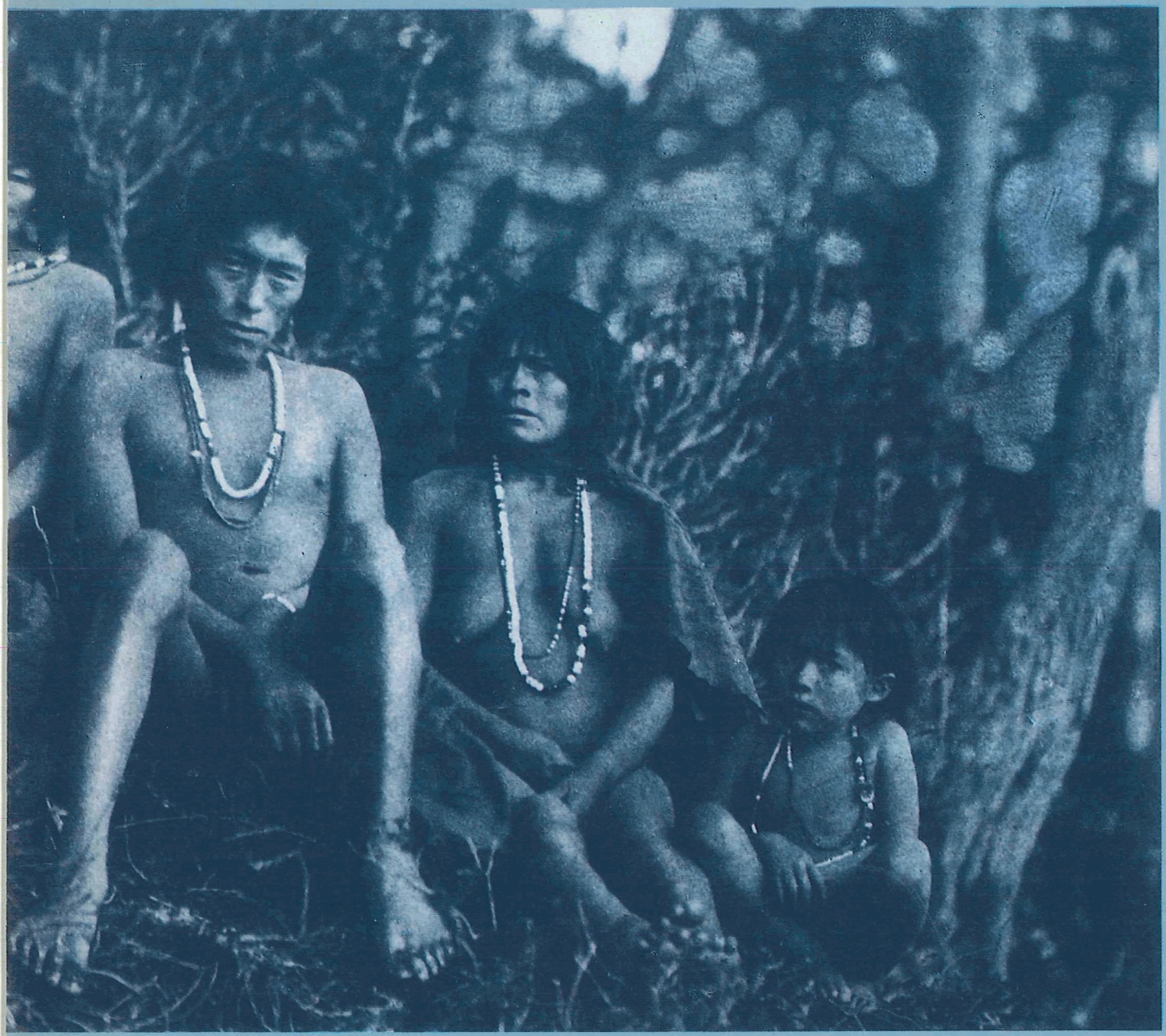
Luis Abel Orquera
Asociación de Investigaciones Antropológicas

Ernesto Luis Piana
Centro Austral de Investigaciones Científicas

La arqueología actual no se preocupa únicamente por describir artefactos, sino que su principal interés radica en indagar comportamientos humanos y sus motivaciones. En los confines meridionales de la Patagonia, zona de áspero clima donde el continente se fragmenta en islas y canales, durante milenios vivieron unos pueblos costeros nómades, genéricamente conocidos como "canoeros". Los recientes trabajos arqueológicos en el canal Beagle plantean una revisión de viejos conceptos acerca de ellos; en el intento de reconstruir la evolución de su sistema adaptativo, lo revelan como un modelo de potenciales capaces de mantener poblaciones de mayor densidad que otros modos de vida en apariencia más prósperos.

En lo ambiental y en lo antropológico, la región del canal Beagle es representativa del borde sudoccidental de América entre Chiloé y el sudeste de la Isla Grande de Tierra del Fuego. En contraste con el resto de Patagonia, esa área se caracteriza por su costa muy accidentada, por la intensidad de las lluvias que aportan los vientos pacíficos y antárticos, y por la densidad de los bosques, en los que predominan árboles de dos especies del género *Nothofagus*. Naturalmente la zona es fría, pero la cercanía del mar hace que las variaciones de temperatura sean menos extremas que en las mesetas patagónicas. Hacia el siglo XIX, esa área estuvo poblada por indígenas canoeros: los *Yámana* en la región del canal Beagle y sus adyacencias hacia el sur, y los no muy apropiadamente llamados *Alacalufes* en la porción oriental del estrecho de Magallanes y más hacia el norte.

El estudio arqueológico de esa área presenta varios atractivos. En primer lugar, esos indígenas llegaron a constituir un caso de referencia casi inevitable en la literatura etnográfica. Dos nociones parecían inconmovibles respecto de ellos: el arcaísmo cultural y el arrinconamiento. La primera se alimentaba en la sencillez del equipamiento tecnológico y de su estructura social. Su nomadismo canoero y mariscador llamaba la atención, pero más lo hacían su casi total desnudez pese al clima inhóspito, el instrumental escueto, la carencia de autoridades permanentes. Fueron considerados una suerte de eslabones perdidos, representantes atrofiados de antiguas etapas de desarrollo de la humanidad. La incongruencia de esos rasgos con un ambiente cuyo dominio al parecer habría exigido fuerte equipamiento de medios culturales fue resuelta pensando que esos desgraciados relictos de pueblos primitivos habían sido llevados allí por el empuje de grupos mejor dotados. Hacia 1970, la creencia dominante era que su perduración se debía —paradójicamente— a la hostilidad del ambiente; ésta habría sido tan marcada, que ningún otro pueblo en su sano juicio habría sentido interés por desalojarlos de allí. Sin embargo, esa interpretación nunca había sido sometida a prueba. De ser cierta, excavaciones arqueológicas que penetraran en el pasado deberían encontrar pruebas de ese estancamiento y



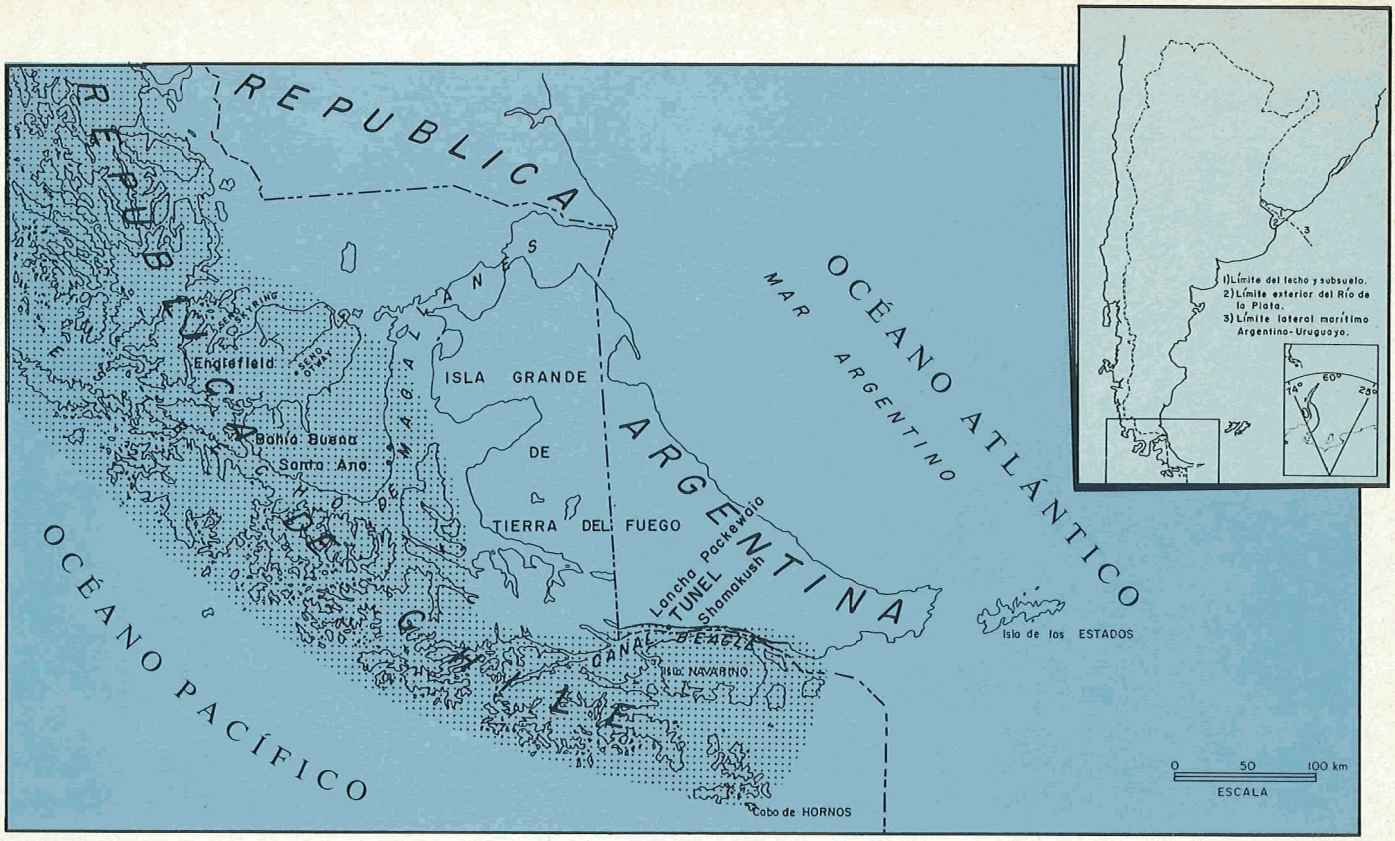
Grupo familiar canoero (marido con sus dos mujeres). Fotografía tomada en 1882 ó 1883 por la Mission Scientifique du Cap Horne.

de esa compresión. Pero el trabajo arqueológico cumplido en el área era mínimo y ya anticuado.

Por otra parte, esa consideración negativa de los canoeros magallánico-fueguinos no era exclusiva hacia ellos; se extendía a muchos grupos similares. Cuando de cazadores-recolectores se trataba, la dependencia de la subsistencia litoral era considerada como poco prestigiosa frente a los hazañosos cazadores de grandes animales de estepa y sabana: como poco redituable y sin perspectivas de progreso. Sin embargo, a fines de la década de 1970 se demostró que las adaptaciones litorales no eran marginales ni estancadas, sino desarrollos alternativos con potencialidades muy provechosas.

En 1975 la región comenzó a ser investigada por un equipo encabezado por nosotros en colaboración, por ese entonces, con Arturo Sala y Alicia Tapia. Nuestro objetivo era determinar qué grado de fundamento tenían esas antiguas nociones. Ellas pronto quedaron desvirtuadas y, en consecuencia, la indagación se canalizó hacia metas más amplias: conocer cómo evolucionó en realidad el sistema adaptativo de los canoeros fueguinos y entender por qué funcionaba de la manera en que lo hacía. El proyecto no procura describir reliquias —como antaño los trabajos arqueológicos—, sino encontrar motivo y justificación para comportamientos humanos. Pese a la continuidad de trabajo en estos últimos años, aún falta mucho por hacer, pero ya comienza a esbozarse un cierto panorama integrado.

El más antiguo indicio de presencia humana hasta ahora encontrado a orillas del canal Beagle consiste en una muy breve ocupación del sitio que hoy llamamos Túnel I, ocurrida a fines del verano austral hace unos 7.000 años (por "sitio" se entiende aquí, según el sentido que le dan los arqueólogos, un lugar en que se hallan restos de la acción del hombre, con una relativa continuidad espacial). Por entonces, el bosque —refugiado durante el frío final del Pleistoceno o Edad del Hielo en regiones de más al norte— venía avanzando, pero Túnel estaba aún cubierto de helechos, gramíneas y otras hierbas. Allí, una gente encendió fuego, consumió parte de un lobo marino y talló intensivamente la piedra para confeccionar utensilios; luego se



Cartografía: Celia Brandan

Area ocupada por los canoeros magallánico-fueguinos y ubicación de los sitios mencionados en el texto.

fue sin dejar rastros. Nada indica que haya estado adaptada a la cacería y a la recolección litorales o que hubiera alguna continuidad con quienes vinieron después. Por lo tanto, en este artículo no volveremos a aludir a ese episodio de ocupación, pese a lo interesante que es.

Años después, ocurrieron dos novedades: el bosque de *Nothofagus* se asentó como dominante en la región y los nuevos habitantes humanos estaban ya nítidamente orientados hacia la subsistencia litoral; más adelante veremos que esos dos hechos no estaban tan desconectados entre sí como parecería a primera vista. Las nuevas ocupaciones se iniciaron hace entre 6.500 y 6.000 años y se repitieron por centenares, si bien siempre por tiempos probablemente breves. En cada oportunidad, los visitantes cumplían variedad de tareas domésticas: trozaban carne, cocinaban y comían, levantaban reparos, se calentaban al fuego, se adornaban, elaboraban utensilios de piedra y de hueso, tal vez trabajaran el cuero y posiblemente también confeccionaban cestería. No se debe presumir que los datos recuperados representen todos los aspectos de la vida de esa gente, pero sin duda reflejan una porción bastante grande de ella. Esa serie de episodios recibe el nombre de Segundo Componente de Túnel I (los arqueólogos llaman "componente" a los restos que quedan de cada episodio de ocupación humana de un sitio dado, o de una serie de episodios si ellos fueron relativamente similares y cercanos en el tiempo).

Hace 5.000 años o quizá menos, Túnel I comenzó a ser ocupado más discontinuamente, en episodios cuyos restos constituyen sus componentes Tercero a Sexto. En otras partes de la misma ladera de la localidad de Túnel están dispersos, además, otros restos de ocupación coetáneos. Por entonces, el ascenso continental que afecta a la Tierra del Fuego había hecho surgir del mar otros lugares ocupables: entre ellos, el que denominamos Lancha Packewaia, a 1 km de Túnel. Allí hemos diferenciado dos componentes, uno alrededor de 2000 AC y otro entre los siglos IV y XVII DC; también están constituidos, cada uno, por múltiples episodios de ocupación.

Esos sitios están ubicados en un tramo de costa abrupta, con acantilados; la orilla es rocosa y durante las mareas bajas se alcanzan sin dificultad nutridas colonias de mejillones. Una densa franja de una variedad de algas llamadas "cachiyuyos" (*Macrocystis pirifera*) sirve cerca de la orilla como rompeolas y como refugio de pececillos, que a su turno atraen a pinnípedos (carnívoros marinos de un suborden zoológico que comprende a los lobos marinos y a otras especies) y aves que se alimentan con aquéllos. Salvo donde hubo tala, el bosque baja masivamente hasta la orilla del canal.

En el ambiente del canal Beagle, la disipación de calor corporal por acción de la humedad, el viento y el frío debía ser contrarrestada por el hombre con reiteradas exposiciones al fuego y por ingestión masiva de calorías. El bosque ofrecía estas últimas en cantidades mínimas, por lo que el peso de la subsistencia debió de descansar sobre la fauna. El Segundo Componente de Túnel I incluye restos de tres centenares y medio de lobos marinos, los que también predominan entre los restos de alimentación conservados en Lancha Packewaia. Para nuestras costumbres, los lobos marinos parecen una dieta exótica, de carne dura y gusto fuerte, pero proporcionan grandes cantidades de grasas fácilmente digeribles y de proteínas. Dos son las especies que habitan en la región: los lobos marinos de un pelo u *Otaria flavescens* y los de dos pelos o *Arctocephalus australis*; entre los primeros, los machos adultos pueden pesar unos 300 kg y las hembras unos 150, en tanto en los segundos esas cifras oscilan alrededor de 150 y de 50 kg respectivamente.

Capturar de manera regular esa clase de animales debió de requerir medios eficientes y confiables de cacería. Un modo sencillo es aplicar un garrotazo en el hocico: el animal se desploma de inmediato. Esta práctica es fácil de cumplir en verano, cuando los lobos marinos están en tierra, en sus colonias de parición y apareamiento, y hace 6.000 años sin duda era conocida; sin embargo, el biólogo A. Schiavini halló mediante el estudio de los dientes hallados en el sitio que la abrumadora mayoría de los ejemplares consumidos en Túnel I fueron muertos entre marzo y noviembre (véase "Los dientes, la edad y la estacionalidad").

Otro medio de captura consiste en sorprenderlos en el agua con armas arrojadizas, pero esto plantea dificultades. Para perforar el duro cuero de un lobo marino, esa arma debe estar dotada de gran inercia. Esta puede obtenerse con velocidad o con masa. Un flechazo posee la primera, pero al sentirse herido el animal huiría, o moriría y se hundiría; el cazador perdería así tanto presa como arma. La masa puede ser proporcionada por un mango pesado, pero las sacudidas debidas a los movimientos de dolor y fuga del animal harían que el peso muerto del mango rompiese al arma por su parte más débil, o sea la punta. Nuevamente, el cazador quedaría sin presa y sin arma.

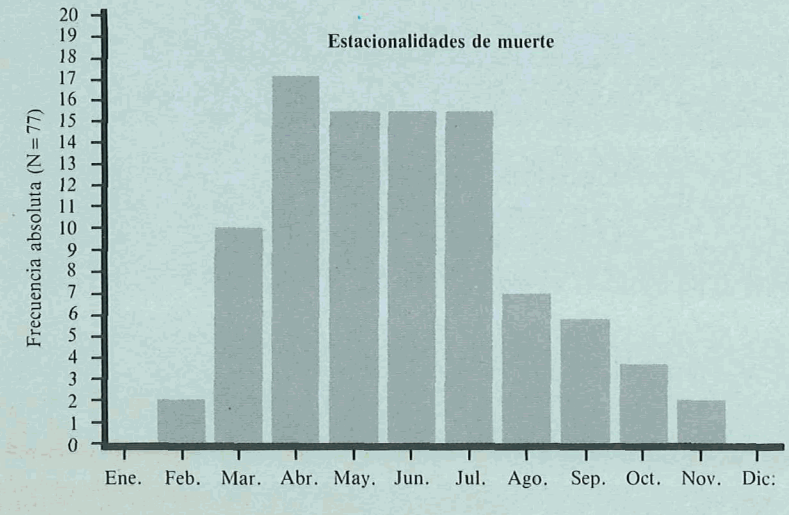
La solución —conocida a través de ejemplos etnográficos de la Tierra del Fuego y de otras partes del mundo— fue el arpón con punta separable. Esta se insertaba flojamente en el extremo de un gran mango de madera que le daba suficiente inercia (en el siglo XIX esos mangos tenían en la Tierra del Fuego 3 a 4 m de largo y hasta 4 cm de diámetro); al clavarse en el animal, quedaba firmemente engarfiada en la herida gracias a sus "barbas" o dientes. Tan pronto se producían las sacudidas, el mango se desprendía, si bien seguía unido a ella por una correa de cuero. Por lo tanto, al intentar huir, la presa, con la punta clavada en el cuerpo, arrastraba tras de sí al mango, cuya fricción contra el agua frenaba y cansaba al animal; si trataba de hundirse o moría, la madera —que tendía a boyar— señalaba su presencia. Por último —como muchas veces los lobos marinos habrían sido sorprendidos mientras buscaban peces en los matorrales de cachiyuyos cercanos a

Los dientes, la edad y la estacionalidad

El ambiente en el que viven los animales no es constante, y los cambios que se suceden en el año —tanto en el clima como en la disponibilidad de alimentos—, unidos a ciclos individuales como el de la reproducción, afectan las tasas metabólicas y de crecimiento. De manera análoga a lo que ocurre con los anillos de crecimiento de los árboles o con las escamas de los peces, en los mamíferos algunos tejidos duros como el de los huesos, las uñas y los dientes conservan un registro de tales cambios sufridos durante la vida del individuo. Poner en evidencia esas modificaciones e interpretarlas es tarea del biólogo.

En el caso concreto de los dientes, éstos presentan diferenciaciones en la opacidad óptica del material (traslucencia u opacidad), apreciables en la dentina y en el cemento: en cortes delgados se observan al trasluz las llamadas "líneas de incremento". De acuerdo con la regularidad en su repetición, se puede identificar un patrón anual de depósito del material hallado en un sitio y asignar la edad de los animales a los que perteneció; además, ese patrón de líneas puede manifestar una regularidad subanual, con lo que se hace posible averiguar la estación del año en que el individuo ha muerto, con una precisión que puede llegar a ser mensual. A veces, esas modificaciones son observables a ojo desnudo; por ejemplo, en el lobo marino de dos pelos (*Arctocephalus australis*), especie conspicua de la fauna fueguina que aquí nos interesa, las raíces de los caninos presentan un anillado exterior de periodicidad anual, que es de utilidad también para determinar la edad del animal.

Adrián Schiavini
Centro Austral de Investigaciones Científicas.



Dibujo: Francisco Revelli

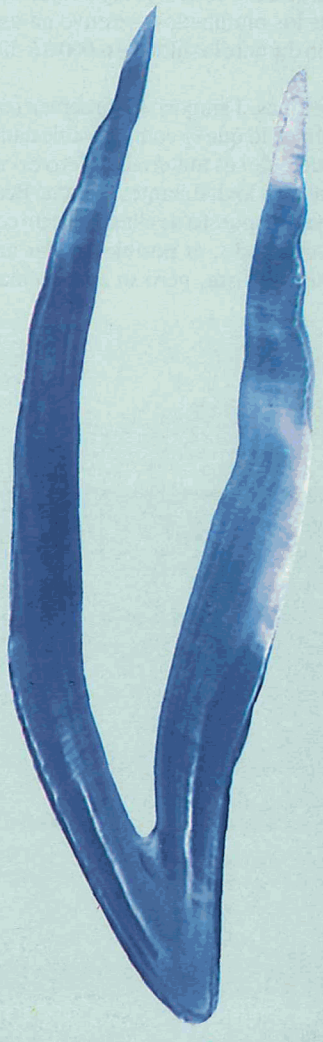


Foto del autor

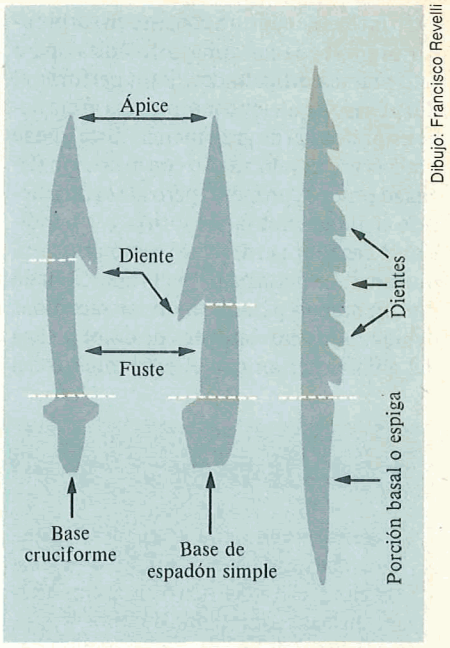
Corte delgado de un canino maxilar de *Arctocephallus australis* para determinación de edad a la muerte.

la costa—, si el mango se enganchaba en las densas y resistentes matas de esa alga la posibilidad de fuga se hacía casi nula (véase figura 1).

Ese funcionamiento se conoce a través de datos del siglo XIX; los mangos de madera y las correas de cuero de épocas más remotas no se han conservado. Pero sí lo han hecho las puntas de hueso de los arpones: sus espigas basales son demasiado cortas y gruesas como para haber estado insertas de manera firme en los mangos, y la doble protuberancia lateral de tiempos antiguos (o el espaldón simple de tiempos más modernos) se adecuan tan bien a la tarea de retener una atadura que resulta difícil imaginar otra función (véase la figura 3). Por tanto, podemos estar razonablemente convencidos de que se trata de puntas separables y de que alguna táctica de cacería similar a la antes descripta —diseñada para sacar ventaja, a todo lo largo del año, del comportamiento normal de los pinnípedos— estuvo en uso en la región durante los últimos 6.000 ó 6.500 años.

Hay algo más. Tampoco se conservan restos de canoas, lo que es comprensible dado lo perecedero de sus materiales. Pero es casi imposible que los habitantes del canal Beagle no hayan dispuesto de ellas desde un comienzo. Ante todo, es posible arrojar arpones desde la costa, pero su empleo más eficiente es el que se logra desde canoas. Más concluyente aún es que en los yacimientos aparecen todas las partes del esqueleto de los pinnípedos consumidos: desde los huesos premaxilares hasta las falanges distales de las aletas traseras. Esto, que podría parecer normal, es justamente lo llamativo.

Túnel I y Lancha Packewaia no tienen las características topográficas que prefieren los lobos marinos para sus asentamientos en tierra; por otra parte, no se puede instalar un campamento en la inmediata vecindad de una lobería, pues la presencia humana ahuyentaría rápidamente a los animales. Por lo tanto, los pinnípedos consumidos en esos sitios debieron de ser cazados en otros lugares y transportados luego hasta los campamentos. Pero el pesado, aceitoso y poco rígido cuerpo de un lobo marino es difícil de cargar, sobre todo a través de un relieve accidentado como el de la región. De haber sido necesario ese acarreo por tierra a cierta distancia, lo lógico sería que cerca del lugar de captura el cuerpo fuera trozado en porciones más cómodamente transportables, y que allí se abandonaran —con sus correspondientes porciones óseas— las partes de menor valor económico. El hecho de que así no ocurriera sugiere que había alguna forma cómoda de traslado. Un medio de navegación cumple a la perfección con ese requisito.



Dibujo: Francisco Revelli

Denominación de las partes de distintos tipos de puntas de arpón usados en la región del Beagle.

Con los guanacos sucedía lo contrario. Había que cazarlos en tierra y trasladarlos al hombro. Salvo que la captura ocurriera en la inmediata cercanía del campamento, debió de constituir una tarea fatigosa. En consecuencia, no extraña que en Túnel I y

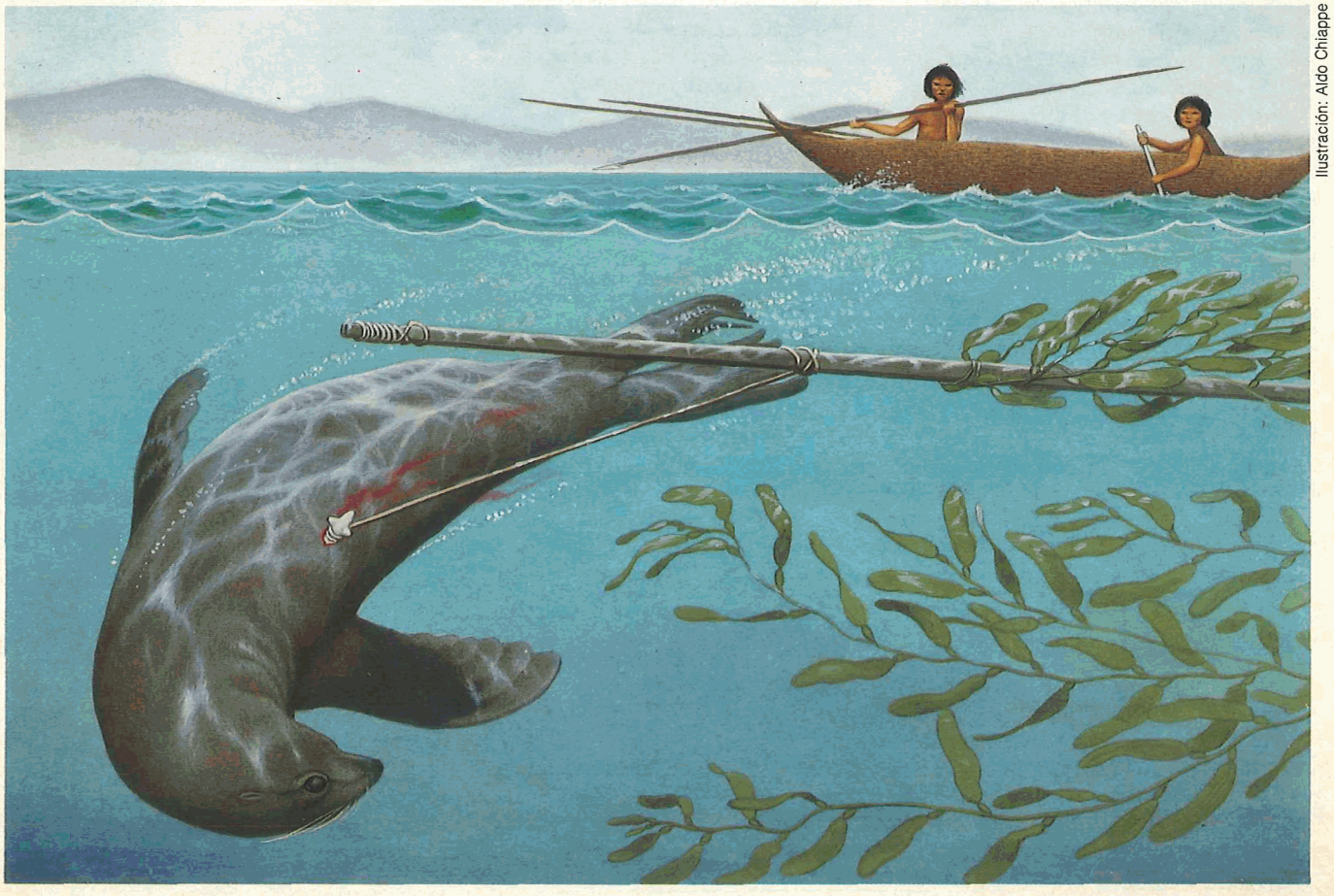


Ilustración: Aldo Chiappe

Los mejillones, recurso modesto pero seguro

Ilustración: Aldo Chiappe

Cuando alguien visita un sitio arqueológico a orillas del canal Beagle, queda impresionado por el enorme volumen de conchillas de mejillones que testimonian la alimentación cotidiana de sus antiguos ocupantes. En la porción excavada de Túnel I habría entre uno y dos millones de tales moluscos. Huesos de lobos marinos, guanacos, aves y peces parecen en comparación desperdigados y carentes de importancia. Lo mismo se desprendería de los relatos etnográficos de hace cien años. Sin embargo, la verdad es otra. Los mejillones son ricos en proteínas, sales y vitaminas necesarias para la vida humana, pero pobres en grasas y carbohidratos. Por lo tanto, su valor alimenticio es muy bajo: para equilibrar el valor calórico de un lobo marino macho adulto habría que consumir bastante más de 100.000 mejillones. Un solo *Arctocephalus* macho adulto podría satisfacer las necesidades alimenticias de un grupo de diez a quince personas durante dos o tres días, pero ningún grupo humano de esas dimensiones puede consumir en ese lapso tamaña cantidad de mejillones. Por lo tanto, desde hace tiempo es bien sabido que una dieta integrada *únicamente* por mariscos sería peligrosamente escasa en rendimiento calórico, y por lo tanto difícil de mantener salvo en plazos cortos. Para otros casos de economías costeras tecnológicamente poco desarrolladas, se ha calculado que los mariscos satisfacen hasta un 10 ó 20% de la dieta total; en el Segundo Componente de Túnel I su importancia relativa debió de ser mucho más baja, y en ambos componentes de Lancha Packewaia su aporte calórico a la dieta total no superaba un 1%.

Sin embargo, no por ello los mariscos son menospreciables: su importancia relativa no puede evaluarse únicamente en comparación lisa y llana de aporte calórico. La captura de pinnípedos era eficaz y bastante previsible con los medios a disposición de los grupos humanos indígenas del canal Beagle, pero siempre había elementos de riesgo y azar insoslayables: condiciones meteorológicas adversas, no intercepción de presas potenciales, fracasos al arrojar el arma o al rastrear la presa herida. En cambio, los mejillones eran mucho más seguros: estaban siempre en bancos fijos y numerosos, salvo circunstancias excepcionales podrían ser recogidos cada vez que se requiriera por personas de cualquier sexo y edad (ancianos y niños incluidos) y casi sin auxilio de tecnología. La recolección de moluscos no facilitaba por sí sola una subsistencia larga, pero cuando fracasaba la búsqueda de presas más sustanciosas permitía calmar el hambre y esperar una mejor oportunidad.

Lancha Packewaia aparezcan de los guanacos solamente huesos de las extremidades, quijadas y vértebras cervicales: corresponden a partes fácilmente transportables. Por lo tanto, se puede suponer que un primer consumo tenía lugar cerca del sitio de matanza. En la región —dada la disponibilidad de recursos a través del año— no eran necesarias las prácticas de almacenamiento, y no tendría sentido diferir el consumo de las porciones más rendidoras en carne, si al mismo tiempo eran las más incómodas de transportar.

Los guanacos tienen carne magra, pero también son importante fuente de proteínas. Su consumo produce casi tantas calorías como el de un lobo marino de dos pelos. Sin embargo, los habitantes de los sitios que estamos tratando no parecen haberlos buscado con tanto ahínco. En el Segundo Componente de Túnel I, los restos de guanaco representan —según las técnicas de cómputo— entre un 5 y 25% de los correspondientes a lobos marinos. En el Componente Antiguo de Lancha Packewaia se llegó a cazar un guanaco cada dos lobos marinos, pero en el primer milenio de nuestra era se consumía en ese sitio un guanaco cada siete pinnípedos, y en el siglo XVII uno cada treinta. Puede ser que en los alrededores no haya habido guanacos en gran abundancia, pero también es posible que los costos de captura hayan sido percibidos como más altos. Los guanacos son desconfiados y debieron de ser acechados durante horas en la espesura, en medio del frío, el silencio y la soledad; una vez heridos, había que rastrearlos cierta distancia para rematarlos, luego se debía trozarlos y transportarlos al hombro a través de terreno difícil. En cambio, al desplazarse en canoa, los cazadores podían buscar a los lobos marinos —y no solamente esperar pasivamente su aproximación—; en la tarea podían estar acompañados por su familia; el silencio no era imprescindible; el patrullaje podía combinarse con otras tareas como pescar, trasladarse entre los bancos de mejillones (véase "Los mejillones, recurso modesto pero seguro"). Cobrar las presas heridas y remolcarlas a tierra no cansaría tanto como en el caso del acarreo de guanacos. La captura debió de ser preferida por resultar más previsible y menos fatigosa.

La región del canal Beagle tiene influencias oceánicas muy marcadas: el clima es duro, pero las variaciones se atenúan. No es un ambiente en mosaico: había zonas a las que llegaban los guanacos y otras a las que no, épocas del año en las que se podía pescar con provecho y otras en que no, pero no se registran distribuciones recíprocamente excluyentes de recursos. Por lo tanto, no se deben esperar diferencias sustanciales en el aprovechamiento humano de diversas porciones de ese ámbito, especialmente cuando la disponibilidad de canoas facilitaba la circulación. En otras palabras: la región geográfica debió de ser también un área cultural bastante homogénea. Sin embargo, lo que podía variar de un lugar a otro era no ya la existencia de un recurso, sino su disponibilidad relativa o la facilidad de acceso, lo que provocaría costos diferentes de obtención. A su turno, esto habría podido causar preferencias y complementariedades dignas de investigarse. De modo que no toda la historia del poblamiento humano de la región del canal Beagle podía surgir de dos sitios próximos entre sí y con acceso a los mismos recursos, por más que allí se hubieran obtenido datos muy importantes sobre la adaptación humana a recursos particulares en un ambiente específico; también era necesario conocer cuán flexible era esa adaptación.

Por este motivo se inició la excavación de Shamakush. La nueva localidad dista de los sitios anteriores solo 20 km, pero difiere de ellos en que allí hay una franja costera llana de hasta 600 m de ancho (que por la índole de su suelo nunca pudo haber estado forestada), en que *hoy* mejillones, pinnípedos y aves no parecen tan abundantes, y sobre todo en el hecho de que Shamakush está estratégicamente ubicada cerca de un abra que facilita tanto el acercamiento de los guanacos a la llanura costera cuanto el acceso de los cazadores al interior. Como las ocupaciones de Shamakush I y X resultaron, según dataciones radiocarbónicas, de antigüedades semejantes a las de las ocupaciones finales de Lancha Packewaia y Túnel, los cambios a través del tiempo podían excluirse como factor de variabilidad. Resultaba posible, entonces, determinar en qué medida aquellas diferencias ambientales se reflejan en el contexto arqueológico y cómo esas condiciones locales pueden ser integradas en un panorama regional de la subsistencia indígena.

En Shamakush, los restos de guanaco predominan notoriamente sobre los de lobos marinos; entre los primeros, muchos corresponden a individuos de menos de dos meses de edad. Esto sugiere, en función de la época de parición del guanaco, que parte importante de las ocupaciones de Shamakush tuvo lugar en los meses de diciembre a marzo. ¿Significa esto que la presunción quedó confirmada y que por lo tanto la adaptación humana a la región tenía en cuenta los diferentes costos locales y temporales de obtención de los recursos? Puede ser, pero la argumentación —aunque larga— aún no es concluyente; es menester confirmarla mediante excavaciones a efectuar en años próximos.

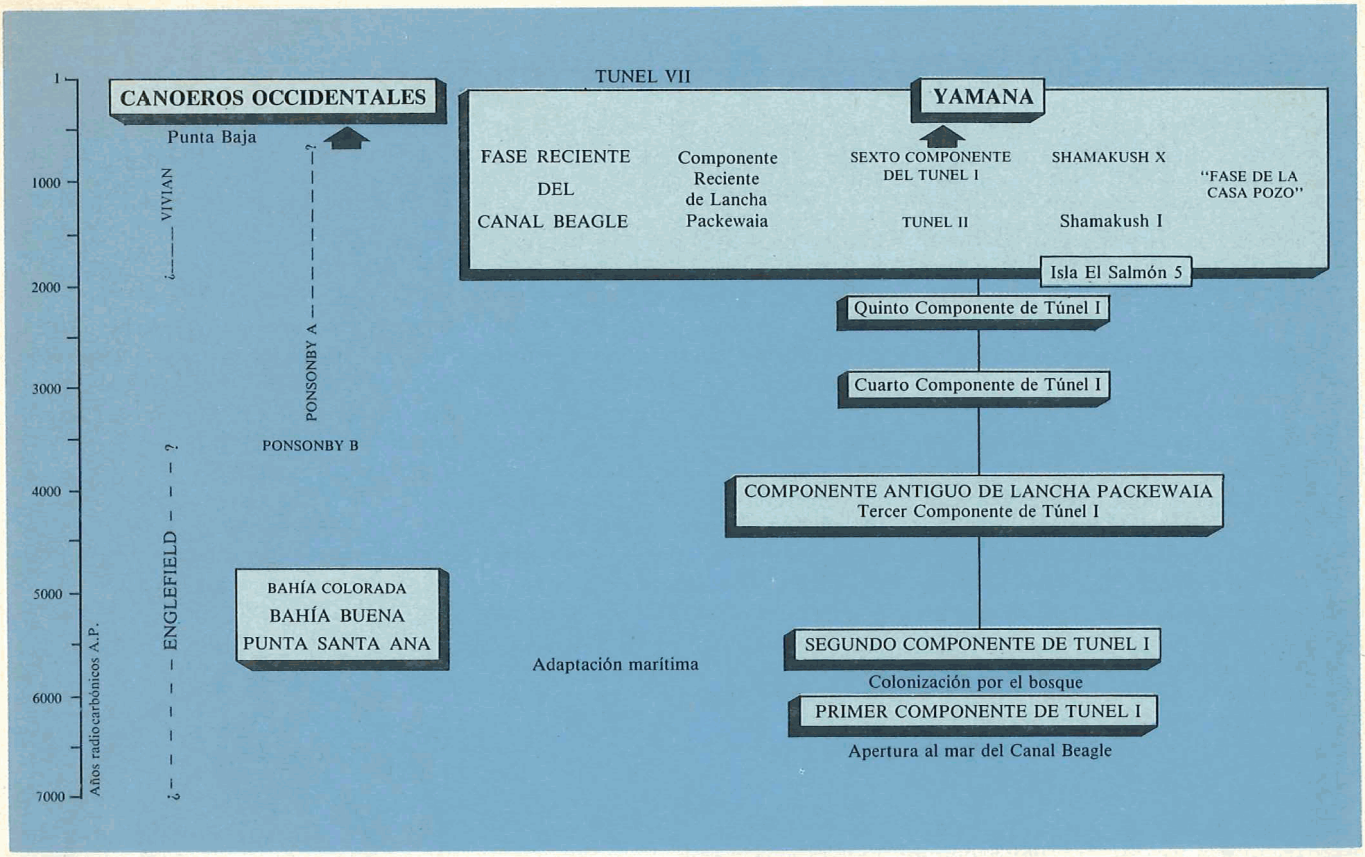
No obstante, aun en caso de ser confirmada, la interpretación no implicaría que la ocupación estival de Shamakush fuera efectuada por los mismos grupos que durante el resto del año acampaban en Túnel y Lancha Packewaia. Si bien las tres localidades quedan dentro del territorio en el cual a fines del siglo XIX se hablaba un mismo dialecto (lo que sugiere cierto grado de interacción), la materia prima usada en Shamakush para elaborar útiles de piedra no es exactamente la misma que se halla en Túnel y Lancha Packewaia. Una y otra son primordialmente pizarras y filitas que un geólogo atribuiría sin hesitar a la Formación geológica Yahgán, pero ante el ojo de un arqueólogo los materiales de Shamakush son menos aptos para la talla intencional que los de Lancha Packewaia y Túnel. Esto sugiere que —por el motivo que fuera— los ocupantes de Shamakush no tenían acceso a las mismas fuentes de aprovisionamiento que sus coetáneos de más al oeste.

Otra aclaración necesaria: aunque los visitantes de Shamakush hubieran ido allí con la intención principal de cazar guanacos en el interior, seguían dependiendo del litoral. Así lo indica la ubicación de sus campamentos. Es sabido que ésta suele estar determinada por los costos de acarreo de los recursos de uso más constante, en especial si ellos son voluminosos o pesados en relación con su rendimiento. Pues bien: Shamakush I y X están ubicados lejos del bosque que proporcionaba leña, no demasiado cerca del agua potable, a mayor distancia de los posibles lugares de captura de guanacos, y en emplazamientos donde la presencia humana habría ahuyentado a los animales que bajaran a la planicie litoral. Esas ubicaciones se justificarían sólo en dos casos. El primero, si los cazadores hubieran dispuesto de perros que retuvieran a los guanacos hasta la llegada de los hombres; sin embargo, no hemos hallado pruebas de que los perros estuvieran presentes en la Tierra del Fuego ya en esa época. El segundo, si lo que predominaba era la preocupación por disminuir los costos de acarreo de los mejillones y por vigilar las canoas amarradas en la costa. A mayor abundamiento, la densidad de restos óseos de alimentación en la porción excavada de Shamakush es mucho más baja que en Túnel y Lancha Packewaia, lo que hace crecer el papel cumplido por los mejillones en la dieta e indica que allí su función como válvula de seguridad era mucho más marcada que en los otros sitios.

Expuestas así las características principales de esta adaptación humana a las características ambientales del Extremo Sur, cabe analizar qué condiciones fue necesario satisfacer para que la misma quedara aceptada y establecida de manera exitosa. La primera, naturalmente, es la disponibilidad de una biomasa (o volumen de la población animal) marina grande. En el área, esto debió de ocu-

Foto: Luis A. Orquera

Puntas de arpón de base cruciforme pertenecientes al Segundo Componente de Túnel 1.



rrir desde muy antiguo. Las aguas costeras de climas fríos suelen ser muy ricas en alimentos tales como mamíferos marinos y aves portadores de grandes cantidades de grasas y proteínas. El fenómeno se incrementa aun más donde la circulación del agua se comprime entre islas y es incentivada por el viento: precisamente la situación que se da en el área magallánico-fueguina. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el hoy canal Beagle estuvo ocupado por los hielos durante el Pleistoceno y que luego fue un lago alimentado por la fusión de los glaciares. A él *tal vez* se acercaran guanacos, pero allí no podían penetrar pinnípedos ni cetáceos, ni vivir mejillones. Según datos obtenidos por el geólogo Jorge Rabassa, la apertura de ese lago al mar se produjo hace solamente alrededor de 8.000 años, posiblemente algo menos.

Una segunda condición es que el viento y las lluvias estén algo morigerados respecto de las condiciones extremas que imperan en las islas costeras, para que la navegación en embarcaciones pequeñas pueda tener cierto margen de seguridad. El canal Beagle recibe protección de las islas ubicadas al sur, lo que también ocurre en el estrecho de Magallanes y en los senos Otway y Skyring. Quizá sea ésta la causa por la que en tiempos recientes los canoeros no frecuentaban la costa al este de la bahía Sloggett, pese a que en ese lugar se cumplían las otras condiciones.

Por último, la adaptación humana al litoral requirió que se dispusiera de bosques de árboles altos, no solamente por la leña (que habría sido posible obtener de otras fuentes) sino fundamentalmente por la necesidad de madera y corteza para las canoas y de vástagos rectos y largos para los mangos de los arpones. De los datos reunidos por el palinólogo (especialista en el estudio de ambientes antiguos a partir del polen y las esporas vegetales) Calvin Heusser, se puede deducir que el bosque de especies de *Nothofagus* recolonizó la costa del canal Beagle —proveniente de sus áreas de refugio pleistocénicas— hace entre 7.000 y 6.200 años, fecha significativamente coincidente con la aparición de una adaptación costera ya exitosa en el Segundo Componente de Túnel I. Hacia la misma época o poco después, una forma de vida similar quedó registrada en Bahía Buena y Punta Santa Ana (sitios próximos a Punta Arenas que fueron descritos por el arqueólogo chileno Oscar Ortiz Troncoso), si bien allí el bosque debió de estar presente desde antes.

Con posterioridad, esa adaptación humana dependiente del litoral sufrió pocos cambios sustanciales. Hubo, sí, mejoras tecnológicas. En el Segundo Componente de Túnel I, por ejemplo, aparecieron muchas puntas óseas de arpón, pero una única punta de arma de piedra tallada; en el Componente Antiguo de Lancha Packewaia continuaban en uso las puntas de arpón de tipo antiguo, pero acompañadas ahora por muchas puntas de piedra tallada cuyo tamaño las hace atribuibles a lanzas, no a armas arrojadizas. Esos objetos de ninguna manera eran aptos para cazar pinnípedos; el asunto debe ser más investigado, pero resulta sugestivo que su abundancia coincida con un aumento en el aprovechamiento de guanacos, que llegaron a proporcionar entre el 28 y el 36% de la ingestión total de calorías. Años después, aparecieron puntas de piedra tallada mucho más chicas, cuya confección economizaba tiempo, esfuerzo y materia prima; por su aspecto y su forma pueden ser consideradas como puntas de flecha. Objetos así ya se conocían en el siglo VIII AC (Cuarto Componente de Túnel I). Arcos y flechas parecen más apropiados para capturar guanacos que las armas antiguas, y por lo tanto es coherente que esas puntas hayan sido halladas en abundancia en Shamakush. Lo curioso es que otro tanto ocurriera en el Componente Reciente de Lancha Packewaia, pese a la disminución que allí se registró en el aprovechamiento de ese recurso; en el primer milenio DC los guanacos proporcionaban un 12% de las calorías consumidas en ese sitio, contra un 84% aportado por los pinnípedos, mientras que en los siglos XV a XVII DC esas cifras pasaron a ser respectivamente 3 y 91%. También cambió la base de las puntas de arpón: de la forma cruciforme se pasó al espaldón simple, más fácil de confeccionar (véase la figura 3). Sin embargo, en 6.000 años el modo general de vida mostró llamativa estabilidad.

Selectividad en la caza de lobos marinos

A. Schiavini encontró que entre los restos de pinnípedos hallados en el Segundo Componente de Túnel I predominaban de manera notable los correspondientes a lobos marinos de dos pelos *Arctocephalus australis* (93-94%) por sobre los de lobos de un pelo u *Otaria flavescens*. Entre los primeros, además, cinco de cada seis individuos eran machos. Dos tercios de los machos y un tercio de las hembras eran ejemplares juveniles (véase la figura A). Algo similar comprobó E. Saxon en los materiales de Lancha Packewaia. Esto puede deberse a dos motivos: una selección intencional por parte de los cazadores (por ejemplo, según el tamaño corporal) o el simple aprovechamiento del tipo de animales que por algún motivo estuvieran disponibles. Schiavini se inclina por esta segunda posibilidad.

Es bien sabido que a fines de la primavera y comienzos del verano los pinnípedos se agrupan en colonias de apareamiento y parición. Los machos adultos forman harenes de hembras reproductoras, a las que defienden contra el acoso de otros machos merodeadores. Concluida la temporada, los animales se dispersan: las hembras se mantienen dentro de cierta distancia del apostadero, pero los individuos juveniles —más aventureros y sin compromisos con crías— vagabundean por una extensión mayor. Según Schiavini, si la actividad humana hiciera uso de un área de captura como la que se ejemplifica esquemáticamente en la figura B —zona que afectaría primordialmente al espacio de dispersión preferente de los machos juveniles e incidiría solo marginalmente en el ámbito compartido por ambos sexos y todas las edades—, se produciría de manera natural una proporción de sexos y edades como la hallada en los pinnípedos del Segundo Componente de Túnel I.

Este modelo también explicaría la falta de consumo veraniego de lobos marinos: su retracción hacia apostaderos lejanos lo habría dificultado considerablemente, a menos que los cazadores emprendieran largos y poco prácticos desplazamientos. Túnel, empero, no habría sido abandonado totalmente: O. Herrera se encargó de analizar los restos de guanaco y —si bien la determinación de su época estacional de muerte no puede ser tan precisa como en el caso de los pinnípedos— encontró que algunos de ellos podrían haber sido consumidos en verano.

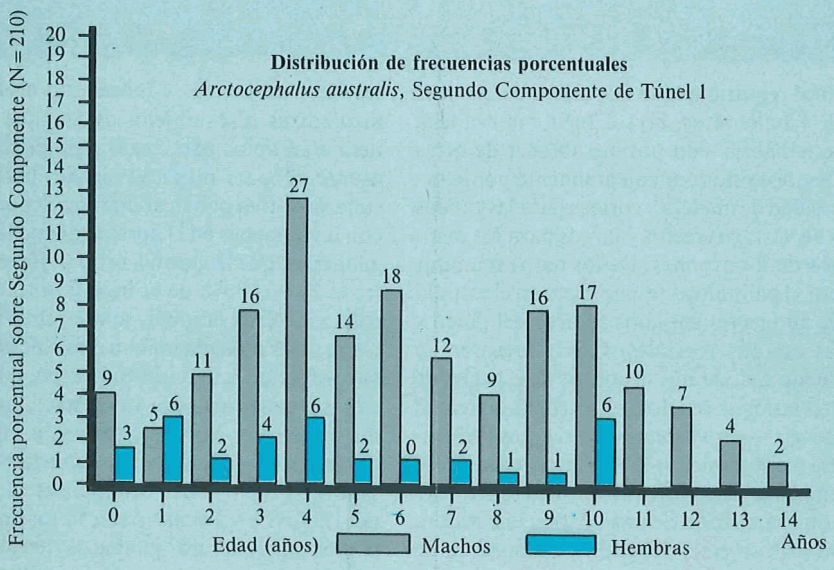


Fig. A.

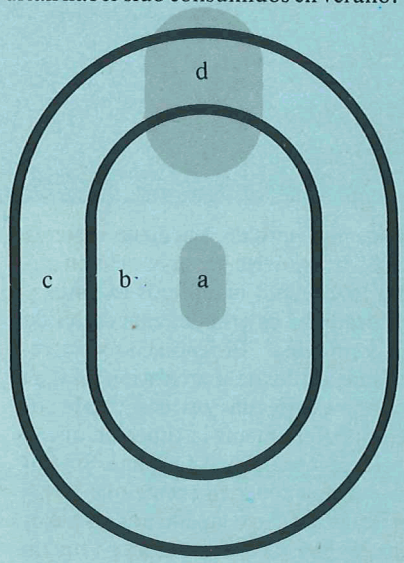


Fig. B. Relación esquemática entre dispersión de pinnípedos y predación humana. a) concentración estival de animales. b) hembras lactantes y crías preponderantemente durante el resto del año. c) área frecuentada preponderantemente por machos juveniles. d) zona potencial de captura por indígenas en el Beagle.

Dibujo: Francisco Revelli

Poco queda de las antiguas presunciones sobre el poblamiento del extremo austral del continente. No hubo arcaísmo cultural sino adaptación definida a condiciones regionales, que incluyó tempranas modificaciones en el instrumental y en la forma de vida. Mal pudo haber arrinconamiento, cuando la adopción de la nueva tecnología y de la nueva forma de vida dio acceso a enorme cantidad de recursos cuya concentración y renovabilidad permiten densidades de población humana muy superiores a las que caracterizan a los cazadores terrestres; pese a todas las dificultades que tiene esta clase de cálculos, se debe recordar que en el siglo XIX la cantidad de canoeros magallánico-fueguinos doblaba a la de los pobladores de toda la Patagonia continental, pese a que éstos ocupaban un área quince veces más extensa.

La explicación de esa estabilidad debe buscarse no en el arcaísmo y en el arrinconamiento, sino por el contrario en la falta de presiones —tanto internas como externas— que, de existir, hubieran obligado a buscar soluciones de subsistencia más refinadas y eficaces. En el caso de grupos cazadores-recolectores, la disponibilidad de recursos abundantes, previsibles, homogéneamente distribuidos en el espacio y no sujetos a grandes crisis a través del tiempo permiten formas de aprovechamiento directas y sencillas, propiciando al mismo tiempo la dispersión de la población beneficiaria en grupos pequeños y poco estructurados. En consecuencia, en el siglo XIX los canoeros magallánico-fueguinos no habrían estado arrinconados como consecuencia de su precariedad tecnológica y social; más bien se debería decir que pudieron conservarse a través del tiempo con una tecnología y una organización social sencillas porque el ambien-

te era suficientemente rico —en relación con su cantidad de población y sus estrategias de comportamiento— como para mantenerlos sin preocupaciones.

Recordemos al respecto la composición del registro arqueofaunístico determinada por Schiavini (véase "Selectividad en la caza de lobos marinos"). Los aborígenes del canal Beagle capturaban principalmente lobos marinos machos juveniles, o sea animales no reproductores. Dada la estructura poligámica de los pinnípedos, la caza de machos —sobre todo si eran juveniles— no ponía tanto en peligro la reproducción de la especie como si se hubiera realizado sobre hembras. Si se mataba un macho, otro podía ocupar su lugar: en cambio, la muerte de una hembra condenaba simultáneamente al cachorro amamantado y al que ya estaba en gestación. Por lo tanto, el aprovechamiento indígena se pudo mantener durante milenios sin que la perduración y la abundancia del recurso se vieran amenazadas: sea por el motivo que propone Schiavini (con el que estamos de acuerdo), sea por algún otro, la relación con sus presas adquirió de hecho una modalidad no sujeta a tensiones graves.

Muy diferente fue lo que ocurrió cuando llegaron los europeos, con muy distintos intereses. Atacaban a los pinnípedos concentrados en sus colonias de parición y apareamiento, y por lo tanto mataban a los reproductores, aniquilaban decenas o centenares de miles de individuos por temporada, y entre 1790 y 1822 llevaron el recurso casi hasta los límites de la extinción. Nuestra hipótesis es que esa depredación europea repercutió sobre el hasta entonces equilibrado modo de subsistencia indígena y obligó a un insuficiente reajuste de urgencia. Privados de su mejor fuente de sustento, los canoeros del extremo austral americano habrían debido de contentarse con otros recursos de rendimiento energético mucho menor, poco antes de que la introducción de nuevas enfermedades los condujera definitivamente a su desaparición. Para probar esa hipótesis es que actualmente estamos trabajando en un nuevo lugar: Túnel VII. ⊙

LECTURAS SUGERIDAS

ORQUERA, L. y PIANA, E., 1986-87, "Análisis tipológico y datos tecnomorfológicos de los diversos conjuntos del sitio Túnel 1", *Relaciones de la Sociedad Argentina de Antropología*, XVII.

ORQUERA, L. y PIANA, E. (en prensa) "Litoral adaptation in the Beagle Channel and adjacencies region", *Tierra del Fuego; Subsistence and Settlement in the Southermost Human Frontier*, Stewart, D. y Borrero, L. (eds.), BAR series, Oxford.

Foto de los autores

Paisaje del Beagle y sitio Túnel 1 durante la excavación.

Medicina popular brasileña

REZOS Y CURACIONES DE CUERPO Y ALMA

Maria Andréa Loyola
Instituto de Medicina Social, Universidad del Estado
de Río de Janeiro, Brasil

Fotos: Ana Regina Nogueira

No solamente los mitos y las leyendas, también la vida cotidiana siempre tuvo para mí un significado especial. La terapéutica, las formas tradicionales de cuidar la salud, los remedios que invocan la intervención sobrenatural, el hombre, pequeño animal terrestre, subalternizando a los dioses al servicio de su conservación personal, disponiendo de fuerzas mágicas para su estado de tranquilidad, han ejercido sobre mí una poderosa atracción investigadora. Todas esas reglas se hunden en el tiempo y pierden sus raíces en la inmensidad de la cuarta dimensión. Es más ignorante quien se ríe que quien las usa...

Luis da Câmara Cascudo, *Folclore no Brasil*

La medicina popular —conjunto de las técnicas empleadas por los especialistas no reconocidos por la medicina oficial, como curanderos, yuyeros, *pais-de-santo* de la umbanda y el candomblé, entre otros— es vista muchas veces como una supervivencia folklórica de una época pasada. O también, como práctica de regiones rurales y comunidades tradicionales aisladas y atrasadas. Así piensan algunos estudiosos de las relaciones entre la medicina popular y la religión, en su mayoría folkloristas, que adoptan, implícitamente, el punto de vista de la medicina científica.

La medicina popular, sin embargo, no es un fenómeno limitado a las regiones rurales o aisladas. En efecto, además de ser ampliamente practicada en el medio urbano, constituye una alternativa de la medicina oficial, considerada por las clases dominantes y por aquellos estudiosos como la única legítima, y con ella compite.

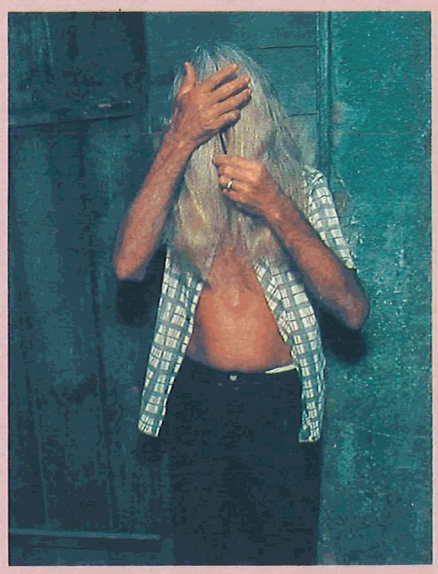
En Nueva Iguazú, partido densamente poblado de la periferia de Río de Janeiro, la oferta de cuidados para la salud no depende exclusivamente de los médicos, farmacéuticos o especialistas de la cura del cuerpo. Numerosos agentes del sistema religioso —*pais-de-santo*, pastores bautistas o de la Asamblea de Dios, religiosas católicas, curanderos y rezadores relacionados con el espiritismo y/o con el catolicismo popular— también compiten con sus servicios para el tratamiento de las enfermedades. En una investigación realizada en ese partido, principalmente en el barrio de Santa Rita (véase "Nueva Iguazú y Santa Rita"), de septiembre de 1976 a febrero de 1979, constatamos que, de hecho, más de la mitad de las enfermedades descriptas en las entrevistas son comúnmente tratadas fuera del sistema oficial de salud.

Para que se comprenda la lógica de la oferta local de servicios de curación, tenemos que describir el sistema, relativamente autónomo, de las relaciones entre los diversos agentes religiosos. Y, más globalmente, entre ese sistema y el de los especialistas de la cura del cuerpo, entre los cuales existen relaciones de homología estructural. Aquí nos ocuparemos, principalmente, del uso que los habitantes de Santa Rita hacen de los servicios ofrecidos tanto por los especialistas en la cura del cuerpo como por los especialistas en la cura del alma.

Los especialistas religiosos son solicitados para atender múltiples demandas, muchas de las cuales, como la cura de enfermedades, sobrepasan de manera considerable su competencia puramente religiosa. Esto se debe, por un lado, a la laguna dejada por los médicos y por las instituciones oficiales de salud. Por otro, a la concepción esencialmente mágico-religiosa que la población del barrio tiene de la salud y de la enfermedad. Las representaciones que los pacientes tienen del cuerpo (en función de las cuales percibe y clasifica a las enfermedades) intervienen constantemente en su relación con el sistema de ofertas terapéuticas, ya sea en la manera de cuidarse o en la elección que se hace entre una u otra categoría de especialistas.

Dentro del conjunto de los problemas referidos a la vida y la muerte, la enfermedad es considerada un fenómeno que escapa, en última instancia, al control del hombre. Algo que, en el límite, es producto de fuerzas sobrenaturales o, más comúnmente, de Dios. La muerte ocurre cuando el espíritu deja el cuerpo que anima y va a saldar sus deudas con Dios, o sigue su itinerario de penas o reencarnaciones sucesivas, hasta el reposo final. Es el espíritu el que otorga al cuerpo la energía vital, de allí su importancia para el estado de salud. No hay salud del cuerpo sin salud del alma. Frecuentemente, un cuerpo enfermo contribuye a la enfermedad del alma y viceversa.

Basándose en esta concepción general de la dualidad complementaria entre cuerpo y alma, y compartiendo el sistema de representaciones que permite a la mayoría de los especialistas religiosos —particularmente a los *pais* y *maes-de-santo* de la umbanda y del candomblé, los pastores de la Asamblea de Dios y los rezadores— legitimar sus prácticas frente a la medicina oficial, la población de Santa Rita distingue dos categorías principales de enfermedades: las "enfermedades del cuerpo" y las "enfermedades del alma", o las enfermedades *materiales* y las enfermedades *espirituales*.



"Creo en el rezador, porque vi a mi madre, que lo era, hacer cosas muy difíciles..."

Enfermedades espirituales son aquéllas cuyo origen escapa a la verificación práctica y que, a través de exclusiones sucesivas, son percibidas y explicadas, a posteriori, como enfermedades no-materiales. De acuerdo con la creencia religiosa individual, las enfermedades espirituales pueden ser atribuidas al mal de ojo,

NUEVA IGUAZÚ Y SANTA RITA

Las enfermedades "livianas", como el dolor de cabeza, se curan en casa.

Nueva Iguazú es conocida por presentar uno de los más altos índices de criminalidad en todo Brasil. El partido sirve, en cierto modo, como "dormitorio" para los miembros de las clases populares que trabajan en Río de Janeiro y fueron expulsados de allí por la expansión industrial, inmobiliaria y, principalmente, por la política gubernamental de remoción y destrucción de las favelas (villas miserias), durante los años '50. Nueva Iguazú, que era ya en esa época uno de los partidos más poblados de la región, sufrió en los años siguientes una verdadera explosión demográfica: el número de habitantes creció un 231% entre 1950 y 1960, y 181% entre 1960 y 1970. La población rural prácticamente desapareció (es menos del 5% de la población total, estimada en 1977 en más de un millón de habitantes).

El barrio de Santa Rita, a casi ocho kilómetros del centro de Nueva Iguazú, experimentó una evolución bastante semejante a la del conjunto del partido. Hasta 1950 era habitado por pequeños agricultores que, con la decadencia de la producción cítrica, se volcaron hacia la horticultura y los productos de granja. Con el surgimiento de loteos y la instalación de algunas industrias, la población del barrio saltó de 1500 a más de 8000 habitantes, de los cuales, tomando como base la población entrevistada por nosotros, 11% son originarios del mismo partido de Nueva Iguazú y los demás provienen de Minas Gerais (21%), Espíritu Santo (11%), de las regiones Norte (3%) y Nordeste (8%) y, sobre todo, del Estado de Río de Janeiro (36%) y de su capital (10%). En el momento de realizar la investigación, alrededor del 7% de los inmigrantes estaban en el partido desde hacía menos de cinco años, 8% desde hacía más de cinco años y el resto desde hacía más de diez años.

Apenas un tercio de la población activa local tiene un trabajo asalariado regular. Las industrias instaladas en el barrio (una fábrica de papel, una de abonos y una metalúrgica), proporcionan empleo a menos de un cuarto de la población; la mayoría trabaja en Río de Janeiro, generalmente en funciones subalternas del sector terciario. Los demás hacen pequeñas changas, son jubilados o los mantiene el INAMPS.

En la época de la investigación un 60% de los que trabajaban ganaba hasta un salario mínimo, un 34% oscilaba entre más de dos y cinco salarios mínimos y apenas un 6% conseguía alcanzar un ingreso de más de cinco y hasta seis salarios mínimos. El presupuesto o renta familiar también giraba alrededor de dos salarios mínimos, ya que la mayoría de las veces (54%) solamente trabajaba el jefe de familia. Aunque la mayor parte de las familias tenía casa propia, construida en terrenos adquiridos u ocupados, las viviendas eran, en general, extremadamente pobres, con dos, a veces tres y muy rara vez cuatro ambientes.

El barrio no posee infraestructura sanitaria (agua corriente, red de cloacas, pavimentación) ni de servicios, lo que obliga a la población a realizar constantes viajes de ida y vuelta al centro de la ciudad. Dos centros educativos proporcionan instrucción primaria a alrededor de 600 niños. Entre la población adulta, un 45% son analfabetos o semianalfabetos, 22% tienen apenas instrucción primaria, 18% primaria incompleta y 15% llegaron hasta la secundaria.

Como los demás barrios de Nueva Iguazú y de la "Baixada Fluminense", Santa Rita es un lugar en donde la violencia forma parte de lo cotidiano para sus habitantes. No existe servicio policial y el clima de inseguridad es constante. La población evita circular por las calles después del anochecer y, entre los entrevistados, todos tuvieron ya más de una experiencia de asalto. Muchos se dicen afortunados por no haber perdido la vida. Como medida de precaución contra los asaltos que ocurren frecuentemente dentro de los colectivos, las compras más grandes se hacen en el supermercado de la ruta, donde los precios son más altos que en Nueva Iguazú.

Con excepción de un dispensario municipal que, en principio, presta servicios médico-ambulatorios durante una hora, una mañana por semana (lo que, en realidad, no sucede con tanta frecuencia), la población no dispone de ninguna ayuda médica local, ni siquiera de una farmacia. Los que necesitan recurrir a los servicios médicos oficiales están obligados a movilizarse hasta el centro de Nueva Iguazú —donde los recursos médicos también son insuficientes— o, en los casos más graves, hasta Río de Janeiro, a más de 50 kilómetros. Apenas una parte de la población es atendida por el INAMPS, obra social que garantiza asistencia a los que pueden abonar. De esta manera, la gran mayoría de los habitantes de Santa Rita se ve obligada a tratarse sola o a recurrir al auxilio terapéutico local ofrecido por los curanderos y especialistas religiosos católicos, protestantes o espiritistas.

En Santa Rita hay una iglesia católica, cuatro templos protestantes (uno bautista y tres de la Asamblea de Dios) e innumerables centros de umbanda y candomblé. Gran parte de la población se dice católica, pero la mayoría, de hecho, es bautista o espiritista; 62% de los entrevistados se declararon católicos, 19% espiritistas (miembros de la umbanda o del candomblé) y 10% protestantes (miembros de la Asamblea de Dios, en su mayoría).

a un espíritu incorporado, a una *mediumidad* no desarrollada (umbanda y candomblé), o a un castigo o prueba de Dios (protestantismo). La creencia religiosa determina, en gran parte, la elección del tipo de tratamiento, es decir, si éste estará a cargo de los especialistas del sistema oficial de salud o de los especialistas religiosos.

Si bien tiende a orientar la clasificación de la enfermedad espiritual según su origen, la creencia religiosa no es suficiente para excluir las definiciones establecidas por otras creencias concurrentes, otros conocimientos profanos o simples suposiciones del sentido común. Muchas veces, la población atribuye múltiples causas (presencia de un espíritu incorporado y castigo de Dios simultáneamente, por ejemplo) a una misma enfermedad espiritual. También puede incluir ciertas enfermedades en la categoría espiritual no sobre la base de las causas, sino de los síntomas que la acompañan y del resultado del tratamiento aconsejado por el médico.

La enfermedad espiritual puede ser definida como aquélla que provoca la "pérdida del entendimiento", o un distanciamiento del comportamiento considerado normal. Puede además designar enfermedades de origen psicológico o nervioso. Sin embargo, en este sistema de representaciones, la locura no existe: locura sería sólo el nombre atribuido por los médicos a las enfermedades espirituales que no pueden curar.

Desde el punto de vista de las técnicas de cura, la enfermedad espiritual no es solamente la que el médico desconoce y no comprende, sino también la que no cura. "La enfermedad material muchas veces es curada por nosotros mismos. La enfermedad espiritual, algunas veces, también, porque si nosotros creemos que existe un ser superior en nuestras vidas, que este ser superior tiene eminencia sobre todas las cosas, que es Dios, entonces nosotros creemos y buscamos consuelo espiritual y la salud de la propia materia. La enfermedad material puede ser curada con la ayuda del médico; ahora, a la espiritual, no hay médico que la pueda curar, sólo Dios" (ama de casa, 42 años, semianalfabeta).

La enfermedad espiritual también puede ser definida basándose en el diagnóstico del médico. Si el paciente no queda satisfecho con el diagnóstico, puede concluir que su mal no pertenece al área de competencia de ese profesional, o sea, al área de enfermedades materiales a las que está generalmente asociado. De forma contraria a la enfermedad material, la espiritual puede ser deducida del tiempo que el mal lleva en sanar. "La enfermedad material es fácil de curar. Si tarda en sanar, es una enfermedad espiritual. Entonces la cura sólo Dios" (mujer de obrero, 38 años, instrucción primaria).

En general, las enfermedades materiales son calificadas como "livianas" (indisposiciones, incomodidades) y "graves", según los riesgos que ofrecen para la vida del sujeto. Esta distinción, que remite más a la intensidad del mal que a su origen o naturaleza, es establecida a partir de síntomas, siendo la fiebre el decisivo. Las enfermedades livianas se pueden volver graves si no ceden con el tratamiento familiar comúnmente utilizado en estos casos.

Las calificaciones de "livianas" o "graves" se asocian, respectivamente, a las enfermedades comunes y a las enfermedades "de médico", que requieren la competencia del "doctor" y no pueden ser diagnosticadas directamente a partir de la observación de síntomas. Las enfermedades materiales, además, se clasifican en graves o menos graves, conforme estén asociadas a la medicina científica moderna o a la medicina tradicional.

Así, las enfermedades causadas por miedo, susto, enfriamiento y otros males cotidianos cuyo conocimiento (síntomas y tratamiento) encuentra respaldo en la experiencia o en la tradición (culebrilla, empacho, paletilla caída) son incluidas, en general, en el grupo de las enfermedades consideradas de competencia de los rezadores o de los *pais* y *maes de santo*. "Porque hay una debilidad general que no aparece en las placas. Porque los médicos no creen en la 'paletilla caída'. La 'paletilla caída' es este hueso de acá (esternón) que se cae... Empieza con una flojera en las piernas, en los brazos. Uno no puede moverse, pierde el hambre... tiene fiebre... Entonces el médico lo trata como tuberculosis, pero no lo es" (empleada doméstica, 40 años, semianalfabeta). Las enfermedades poco conocidas —aquellas que provocan fiebre persistente, exigen internación hospitalaria o intervención quirúrgica— son las así llamadas "enfermedades de médico".

Como esta clasificación está basada en la experiencia práctica, los límites entre las diversas categorías son muy tenues. Podríamos decir que un número razonable de enfermedades ocupa una posición intermedia, pudiendo pasar de una categoría a otra según hayan sido diagnosticadas o tratadas por médicos y farmacéuticos, especialistas religiosos, o aun parientes y vecinos (véase "Itinerarios terapéuticos").

La mayor parte de la población de Santa Rita establece con las instituciones y con los especialistas una relación que se puede calificar de pragmática. Como hasta ahora ninguna creencia religiosa consiguió imponer allí su hegemonía, la "movilidad religiosa" y la "pluralidad de creencias" caracterizan a las prácticas religiosas de la población. No es extraño que un católico practicante también frecuente los cultos de la Asamblea de Dios o el centro de umbanda.

En una localidad desprovista de recursos de cualquier tipo, donde el Estado está prácticamente ausente y las religiones deben satisfacer las necesidades básicas de la población, la preser-

En la disputa por los fieles, distintos credos religiosos conviven en la plaza pública.

Jarabe casero, hecho en el momento, con hierbas y raíces que se venden en la feria.

ITINERARIOS TERAPÉUTICOS

En general la población de Santa Rita cuida su salud por su propia cuenta. Al principio, recurre a los conocimientos terapéuticos familiares, que consisten, principalmente, en la experiencia acumulada con motivo de enfermedades anteriores. Si ellos se revelan ineficaces, la familia entonces puede optar por consultar en primer lugar al especialista religioso o al farmacéutico y, por último, al médico, o consultar directamente al médico y/o farmacéutico y después al especialista religioso o, incluso, recurrir simultáneamente a todos ellos.

Es difícil detectar un sistema claramente diferenciado que permita clasificar a los individuos según su origen social y geográfico, o según su edad y grado de escolaridad, en relación a los distintos tipos de demanda en materia de cura del alma y/o del cuerpo. La ausencia de recursos médicos, la gran solidaridad entre los vecinos, la pobreza en todas las áreas y la presencia notable de los agentes religiosos hacen que el cuidado de la salud adoptado por los miembros de las diversas fracciones de las clases populares que forman la población del barrio tienda a una relativa homogeneidad, o a una heterogeneidad relativamente homogénea. Sin embargo, la situación de trabajo (asalariado, autónomo, subempleado, desempleado), el origen rural o urbano y el período de experiencia de vida urbana, asociados a la edad y al grado de escolaridad, parecen estar relacionados con la aceptación y el mayor o menor uso de la medicina oficial o de la medicina popular.

Los desempleados y los que viven de changas son los que se encuentran más distantes del acceso a la oferta médica existente fuera del barrio porque, frecuentemente, no tienen derecho a la asistencia médica prestada por el INAMPS. Los asalariados y los autónomos con recursos suficientes como para pagar las cuotas exigidas por el sistema de previsión social se enfrentan a la dificultad de acceso a los servicios médicos y a la mala calidad de éstos. Queda todavía la alternativa del médico particular, pero aquí el obstáculo es el reducido poder adquisitivo de la población.

Los conocedores de las tradiciones del mundo rural, personas que nacieron y vivieron en el campo, tienen actualmente 40 años o más y pertenecen a la primera generación de inmigrantes. Los más ancianos no solamente "enseñan", sino que tienden, obviamente, a ser más apegados a las prácticas médicas populares y a encarar a la medicina oficial con mayor desconfianza. Las generaciones más jóvenes, nacidas o criadas en la ciudad, casi siempre con escolaridad más avanzada, se sienten inclinadas a valorar el conocimiento médico oficial y a mirar a la medicina popular como "práctica anticuada".

Muchos jóvenes utilizan comúnmente remedios caseros (tés, emplastos) y tienden a buscar al médico con mayor frecuencia cuando estos remedios se revelan ineficaces. Otros recurren a los especialistas religiosos, aunque no compartan totalmente la opinión de los miembros de más edad del grupo familiar o de la vecindad. De esta manera, una entrevistada de 19 años, que cursó la escuela secundaria, repudia las recetas de la madre y de la suegra como "fórmulas superadas", pero no recusa la ayuda del rezador para librar a su hijo del "mal de ojo". Sin embargo, si el rezador recomienda algún té o medicamento que no sea de uso corriente, desconfía y busca la garantía de la medicina oficial.

La filiación religiosa influye igualmente en las prácticas terapéuticas, sobre todo en el caso de las personas "más firmes en la fe", sobre las cuales los especialistas religiosos ejercen mayor control. Las personas socializadas en el espiritismo, o convertidas a él, se inclinan hacia la medicina oficial preferentemente aconsejadas por sus guías espirituales. "Primero yo voy al centro (espiritista), ahora, después que llego allá, si el 'abuelo' [entidad de la umbanda] desciende y me dice no es para mí, es para el hombre de guardapolvo (médico), aun así yo no creo demasiado en los hombres de guardapolvo." (sirvienta, 40 años, semianalfabeta).

Los protestantes tienden a privilegiar la medicina oficial. Para ellos, sin embargo, la fe es esencial, haciendo que recurrir al médico y a la oración sean indisociables. La comunidad de los creyentes desempeña un papel fundamental en la restauración del orden alterado por la enfermedad.

Quienes han sido socializados en el catolicismo oficial suelen recurrir primero al médico. Así, J., 35 años, hija y esposa de comerciantes, que cursó hasta tercer año del secundario y va a misa todos los domingos, aun teniendo dificultades para aceptar el resultado del electroencefalograma que caracteriza a su hijo como anormal (por lo que nos fue posible entender, es epiléptico) no recurre al espiritismo, ni atribuye la causa del mal a problemas del espíritu. Prefiere el diagnóstico de la medicina científica. Mientras el hijo consiga, por medio de medicamentos, continuar con sus estudios, no busca alternativas de tratamiento; no excluye esa posibilidad, pero sólo lo hará cuando agote todos los recursos de la medicina oficial.

Las personas socializadas en el catolicismo popular tienden a buscar en primer lugar a un rezador. Si él no consigue resolver el problema, recurren entonces a la medicina oficial. El propio rezador, en determinadas circunstancias, indica la necesidad de consulta al médico.

vación de cierta libertad religiosa, que permite a los individuos recurrir a los servicios de varias religiones, puede constituir una estrategia de supervivencia. Esto ocurre sobre todo cuando la fe está disociada de la religión en cuanto institución o cuando es "privatizada", o sea, cuando la relación con lo sobrenatural (Dios, almas, santos) se establece individualmente, sin la intermediación de los sacerdotes y los sacramentos, como ocurre en el catolicismo popular.

La afluencia hacia los locales de culto de las diferentes religiones depende, en gran parte, de lo que las iglesias y *terreiros* ofrecen a sus fieles o pacientes: asistencia médica y jurídica, distribución de alimentos, centros de ocio o encuentro de jóvenes y ceremonias rituales que igualmente constituyen momentos importantes de la vida social.

En general, podemos decir que la mayor parte de la población de Santa Rita busca en la Iglesia Católica fundamentalmente los sacramentos, en las Iglesias protestantes apoyo y ocio, y en la umbanda, además de esto, la cura de las enfermedades. La invisibilidad de los aspectos cognitivos y la visibilidad de los aspectos rituales están en armonía con el *habitus* de esas fracciones de las clases populares, poco instruidas, acostumbradas a trabajar con el cuerpo y a conocer el mundo por su intermedio y que prefieren, como diría Lévi-Strauss, la ciencia de lo concreto más que las racionalizaciones abstractas.

De esta manera se explica la atracción especial ejercida por la umbanda, que utiliza el cuerpo de manera menos racional que las demás religiones, usándolo ampliamente en sus rituales (cantos, bailes, trances, bebidas, comidas, indumentaria). Además, el fenómeno de la posesión o incorporación, como el mismo nombre lo indica, constituye una materialización de lo sobrenatural (el espíritu se corporifica, toma posesión de un cuerpo), haciendo posibles inversiones simbólicas de roles, de tipo demostrativo y catártico a la vez: algunos hombres viven simbólicamente roles femeninos, ciertos adultos se transforman en niños, muchas personas desprovistas de poder material y socialmente estigmatizadas (esclavos, indios, negros, prostitutas) se hacen poderosas y respetadas, llegan a ser "señores en el *terreiro*".

Si en el catolicismo y en el protestantismo el iniciante aprende el catecismo, la Biblia, en la umbanda y en el candomblé se lo lleva a expresarse a través de su cuerpo y a captar los mensajes que éste transmite. Como en el teatro, aprende a "actuar" ideas más que a expresarlas por medio del habla. Y es esta primacía de lo corporal, este *habitus* corporal, lo que las demás religiones deben destruir para imponer sus doctrinas y vender sus servicios. El catolicismo oficial, el más alejado de este *habitus* popular, el más cercano al de las clases medias y dominantes es, en Santa Rita, la religión que reúne la clientela menos practicante y menos participante, con excepción de las ocasiones en las que se reviven ciertas prácticas religiosas populares, como las procesiones.

En cambio los protestantes —es especial los de la Asamblea de Dios, cuyas ceremonias son tan frecuentadas como las de la umbanda— dejaron que los elementos expresivos (cantos, risas y llantos, trances, oraciones espontáneas) ejercieran un papel considerable en sus rituales. En algunos aspectos (por ejemplo estructura y participación del público), estos recursos se asemejan bastante a los usados en algunos programas de entretenimiento de la televisión que tienen gran audiencia.

En las religiones donde la separación entre materia y espíritu, entre cuerpo y alma es mayor, los agentes religiosos (sacerdotes, religiosas, pastores) tienden a limitarse a la cura del alma. El papel que ejercen en el dominio del cuerpo consiste sólo en reforzar el acto médico. Donde la autonomía del cuerpo es menor, lo espiritual termina por encontrar la suya propia, la materia por someterse al espíritu, lo natural a lo sobrenatural, el acto religioso (o mágico-religioso) puede imponerse al acto médico, competir con él, mostrarse igual o aun superior.

El sistema de oposiciones materia/espíritu traduce, en gran parte, el de oposiciones sociales entre dominantes y dominados, que

El pastor baptista predica y, cuando es necesario, atiende consultas.

fundamenta la jerarquía de legitimidad entre ciencia y religión, religión y magia, cultura erudita y cultura popular, *habitus* cultivado o letrado y *habitus* corporal o iletrado.

Restringiendo la competencia de los especialistas religiosos a las enfermedades espirituales y a las de poca gravedad, o a aquéllas consideradas incurables por los médicos, o aun a las que no son reconocidas por la medicina oficial (enfermedades de rezadores), la población de Santa Rita reconoce implícitamente la natu-

raleza subalterna complementaria y sustitutiva del papel de los especialistas religiosos en la cura del cuerpo. Tanto es así que uno de los criterios fundamentales para juzgar a los especialistas religiosos es su capacidad de diagnosticar el mal correctamente y, principalmente, de determinar si la enfermedad es de su competencia o de la competencia del médico, y en este caso encaminar al enfermo a este especialista. "Yo llevé a mi nene allá para que él rezara, diera algún remedio. Él, como curador, no trata esas cosas, era visible que la enfermedad del niño no era para él, y él no se dio cuenta. No vio que ya estaba con la faringe tapada. Llegué a casa con el nene muy mal, esa misma noche fue operado. Pero trataba muy bien. Trataba o trata, nunca más volví allá porque perdí la fe, creo que él debería haberse dado cuenta de que la enfermedad no era para él" (ama de casa, 42 años, semianalfabeta).

La población de Santa Rita no cuestiona el valor de la medicina oficial para las enfermedades de médico. Los médicos, sin embargo, pueden ser severamente criticados por el modo en que usan ese saber. Cuando los resultados del tratamiento son negativos, no es la medicina científica la que es abandonada sino el médico, que "no acierta". Si él escucha con atención la descripción de los síntomas, examina, solicita exámenes para confirmar su diagnóstico y, sobre todo, explica al paciente su enfermedad, la acción de los medicamentos prescriptos y la manera adecuada de usarlos, es considerado un "buen médico".

La monja atiende en su casa a los que recurren a ella.

El médico también es juzgado por la eficacia del tratamiento y, más específicamente, por los remedios que prescribe. Si los síntomas de las enfermedades desaparecen y el paciente juzga que el tratamiento fue correcto, el médico también es considerado "bueno". En realidad estos dos aspectos de la evaluación de la competencia médica están íntimamente relacionados, una vez que la prescripción de un tratamiento sin las explicaciones debidas lleva al paciente a descreer de su eficacia.

Los habitantes del barrio no tienen una relación pasiva con la medicina oficial. Cada consulta representa una oportunidad para aumentar la propia experiencia; los conocimientos médicos son capitalizados por la familia y por el grupo de vecinos, que de esta manera tienden a confrontar distintos exámenes clínicos, diagnósticos y medicamentos.

La incapacidad de argumentar con el médico en caso de fracaso o desacuerdo no deja al paciente de las clases populares otra alternativa que la de abandonar el tratamiento y buscar otro médico. La relación médico-paciente es percibida como una relación de poder ejercida no por un médico en particular, sino por toda la clase médica y, más todavía, por todos aquéllos que están del lado del saber dominante. "Ellos (los médicos) hacen lo que quieren. ¿A quién le va a reclamar uno? ¿Al obispo? Ellos no van a acusar a un colega. El error, al final, siempre es nuestro. Ellos no critican al otro, siempre encuentran una manera de decir que el otro también acertó" (ama de casa, 38 años, primario completo).

La ayuda obtenida a través de la experiencia de los vecinos, parientes y otras personas que comparten la misma situación de clase constituye un medio de contrabalancear el autoritarismo del médico y de controlar la eficacia de su tratamiento. El desamparo de la población en la relación que mantiene con la medicina oficial es acompañado, paradojalmente, por una resistencia colectiva al médico y a su acción: cada uno tiende a divulgar su diagnóstico y tratamiento, y toda medida terapéutica es entonces inscripta en una especie de crónica de las relaciones del barrio con la ciencia médica.

A partir de allí se puede comprender la apreciación en general negativa que se hace del Instituto Nacional de Asistencia Médica y Previsión Social (INAMPS). Ésta no se restringe a las fallas objetivas de su oferta terapéutica, sino que hace referencia, sobre todo, a la recepción o atención médica propiamente dicha y a la burocratización de los servicios. La prescripción médica es otro elemento invocado para justificar la mala calidad de los servicios prestados por el INAMPS. El hecho de que la Central de Medicamentos (Ceme) de la institución no siempre tenga todos los medicamentos prescriptos es interpretado generalmente como señal de la incapacidad de la institución para enfrentar a todas las enfermedades, sobre todo las de tratamiento más costoso.

Por otro lado, el envase muy sencillo y estandarizado de los medicamentos de la Ceme contribuye a que se dude de su eficacia; de allí el término "agua con azúcar", usado muchas veces para designarlos y denunciar el bajo nivel de la atención médico-asistencial. "Yo no voy mucho al INPS [INAMPS]. Fui solamente una o dos veces, pero no me gustó el modo en que el médico me trató. Entonces yo ya no voy porque sé que igual no va a solucionar mi problema. Hay mucha demora en ser atendido. La gente hasta suele decir: voy para ver si me dan esa 'agua con azúcar'. Ellos le dan a la persona, si tiene alguna enfermedad, le dan esos frascos de remedio, si otro va con otro tipo de enfermedad, ellos le dan el mismo remedio. ¿Es que ese remedio sirve para todo? No es posible" (ama de casa, 48 años, semianalfabeta).

La burocratizacion del INAMPS es denunciada por la desorganización en el funcionamiento de los distintos servicios y, sobre todo, por la manera de atender. Eso hace que la institución en su totalidad sea vista como un "lío", un lugar en el que es muy difícil obtener información y hacerse oír. La burocracia de la atención asistencial con frecuencia pone a sus usuarios en situaciones paradojales. "Yo pedí licencia para ocuparme de los papeles para poder operarme. Él (el médico de la empresa) tramitó todo, después de 15 días de estar alejado de la firma me dio de alta. Entonces le dije: doctor, tengo que operarme, si usted me da el alta, ¿cómo voy a poder ocuparme de los papeles? Mi horario de trabajo es desde las seis de la mañana hasta las cuatro de la tarde, el INPS esta abierto entre las siete y las cuatro. ¿Quién se va a encargar de mis papeles? A menos que lo haga usted, porque yo no puedo, no soy casado, soy solo, ¿quién lo va a resolver? Entonces él dijo: no me interesa, usted debe tener el alta, e irse a trabajar" (peón de albañil, 25 años, primario completo).

Una de las tácticas adoptadas para enfrentar este tipo de situación consiste en protestar, pero su eficacia es considerada relativa, porque la población del barrio es totalmente consciente de que los canales de comunicación con las instancias superiores están, como de costumbre, cerrados a sus reclamos. La defensa de sus derechos termina, sin embargo, por repercutir, de manera difusa, entre el personal subalterno del INAMPS, constituyendo lo que los médicos llaman "presiones de la clientela".

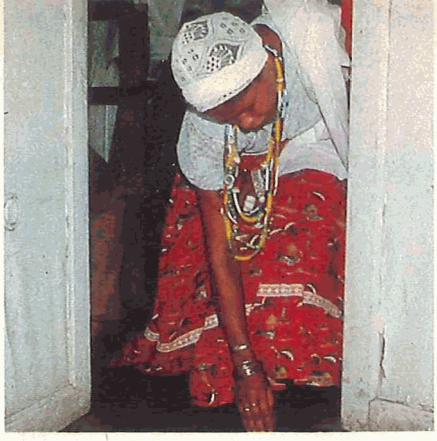
Buscar ayuda en el INAMPS significa aceptar por anticipado el "sufrimiento", anularse frente a la burocracia en una primera etapa y someterse al médico en una segunda. En realidad, lo que el funcionamiento del INAMPS impide es una relación táctica con la medicina que permita eludir

la relación de poder entre los médicos y la población. Si en el INAMPS el individuo se ve totalmente perdido es porque, además de estar solo, sin la fuerza del grupo frente a la institución, todo concurre para impedir cualquier intento de control del acto terapéutico. "Yo llevé la nena al INPS porque estaba toda hinchada. La doctora la examinó y dijo: mire, vamos a hacer una historia clínica, usted va a internarla hoy. Entonces yo pensé: voy a buscar la historia clínica pero no la voy a internar. Le agradecí y fui al consultorio del doctor W. Hice la ficha, pagué, cuando entré con la nena él me dijo: pero si yo no veo nada en esta nena como para internarla. Yo resuelvo lo de su enfermedad con toda facilidad. A menos que usted no quiera gastar, porque internándola no se paga nada. Yo dije: no, prefiero pagar. No me gusta internar a mis hijos. Casi todos los chicos, no sé si es el destino, van allá y se mueren. Si debe morir, muere con el cariño de la familia. ¿Para qué ir allá, a ser atendido por ellos, sin cuidado, sin cariño? Le dimos los remedios, unos tés de 'caña del pantano', bien aplastada, y acá está hoy" (ama de casa, 58 años, semianalfabeta).

Para evitar los aspectos desagradables de las consultas del INAMPS, las familias de Santa Rita prefieren recurrir, en el caso de una enfermedad grave, a los médicos particulares que tienen consultorio en los barrios periféricos de Nueva Iguazú y cobran relativamente poco por sus servicios. Una estrategia común consiste en recurrir al médico particular para obtener el diagnóstico y la prescripción, y utilizar los servicios del INAMPS para conseguir los medicamentos, hacer los exámenes de laboratorio indicados o la internación.

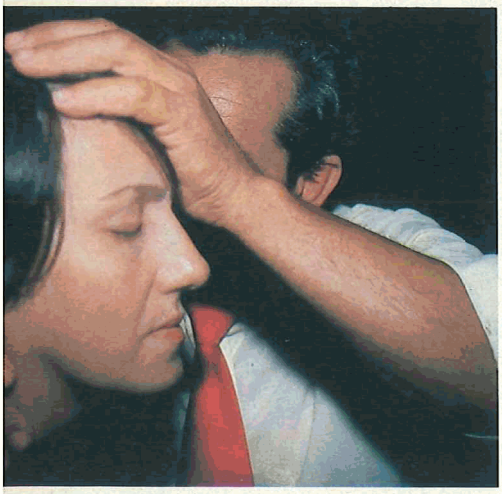
Contrariamente a los médicos del INAMPS, el médico particular siempre es descripto como un profesional que recibe bien a las personas (explicando al enfermo su enfermedad y el tratamiento) y que las trata con consideración, independientemente de su sueldo. En definitiva, es digno de confianza. "El (el médico particular) fue muy macanudo conmigo, muy bueno realmente, porque las consultas eran con fecha marcada. Yo le decía: doctor, no tengo dinero para hacer la consulta. Él contestaba: no me importa si tiene o no tiene, la nena debe estar aquí. En el día marcado yo llegaba, la nena tenía su consulta, si yo no tenía dinero para comprar el remedio él me lo daba, porque lo importante era salvarla a la nena, decía. Me dio muchos remedios, me dio muchas consultas gratis. Muy buena persona" (obrero jubilado, 68 años, semianalfabeto).

Al médico particular se le atribuyen todas las cualidades, porque es considerado



competente, aunque esté en íntimo contacto con su clientela y comparta con ésta, si no la misma situación de clase, por lo menos el mismo origen de clase. "El doctor B. nunca atendió en ningún lugar que no fuera aquí en el campo. Se recibió de médico, en serio, pero él atendía a las personas de acá. Es muy competente, más competente que muchos que se fueron a los Estados Unidos. Es porque él siempre atendió acá en

La umbanda hace un amplio uso del cuerpo en cantos, bailes y trances rituales.



En la puerta de la Asamblea de Dios el cartel invita a las sesiones de "cura divina".

el campo. Un gran médico, capacitado para todo" (obrero jubilado, 68 años, semianalfabeto).

Sin embargo, en el caso de algunas enfermedades, hasta los médicos particulares, con su buena voluntad extrema, son considerados incompetentes y su conocimiento ineficaz en comparación con los especialistas religiosos. Cada vez que algún habitante de Santa Rita se refiere a una curación realizada por un especialista religioso, habiendo el enfermo pasado antes por las manos de un médico, insiste en el hecho de que este último había considerado que su enfermedad era incurable y que el paciente estaba condenado. La población del barrio atribuye a los especialistas religiosos una competencia terapéutica capaz de hacer frente y hasta de superar a la del sistema médico oficial. En oposición a los médicos oficiales, que "trabajan por dinero", los especialistas religiosos son vistos como aquéllos que ejercen la medicina por motivos de solidaridad humana. Aun cuando realizan "verdaderos milagros" y se sacrifican por la clientela, sus servicios son, generalmente, gratuitos. En realidad, sin embargo, la "gratuidad" del acto médico religioso sólo tiene sentido en contraposición al acto médico oficial, considerado una mercadería y pagado en dinero. La donación del curandero es retribuida con otra dádiva en especie, lo que oculta la naturaleza económica de la transacción.

Los especialistas religiosos son considerados buenos o malos según su capacidad de diagnosticar y decidir si la enfermedad está o no a su alcance, su mayor o menor conocimiento de los medicamentos, o según el poder de su santo y de sus rezos. "Yo creo en el rezador porque vi a mi madre, que lo era, hacer cosas muy difíciles, y las personas tenían tanta fe en ella que ya no querían ver a los médicos. Ella no cobraba nada pero recibía mucho, gallinas, cerdos, cabras. A veces la llamaban muy entrada la noche, y curó a mucha gente, hasta que la empezaron a llamar 'macumbeira'; entonces dejó" (ama de casa, 45 años, semianalfabeta).

Si la población de Santa Rita no utiliza la relación médico-paciente como criterio fundamental para juzgar a los especialistas religiosos es porque, generalmente, ésta no es una relación de distancia social. Aun cuando los especialistas religiosos conozcan un mayor repertorio de enfermedades y posean un vocabulario más sofisticado para imponer un *status* de especialistas, su universo lingüístico y cultural sigue siendo el mismo que el de su clientela.

Los agentes religiosos suelen ser del mismo grupo de parentesco o de vecindad de la población. Son vistos como parte del "nosotros", en oposición a los "otros", oposición que permite a los miembros del grupo afirmar su identidad y organizar su relación con el mundo social. Están, de esta manera, en condiciones de escuchar y comprender la descripción que los pacientes hacen de los síntomas de su enfermedad y de explicarles de qué y por qué sufren, ahuyentando las dudas, las angustias y la aflicción del enfermo. "Uno siente un retortijón. A veces viene del hígado, de los riñones, o del mismo estómago y uno no sabe explicarse, no sabe expresarlo. Resultado: uno se queda con la duda. Toma un remedio y se cura, pero no sabe de qué se curó y enfermedad mal explicada es enfermedad mal curada, porque la duda también mata. Uno tiene miedo, a veces no es lo que está pensando. Pero la idea fija va entrando en la cabeza todos los días y lo va carcomiendo hasta matar" (changarín, 50 años, semianalfabeto).

Reconocer la competencia de algunos especialistas religiosos para tratar las enfermedades espirituales y algunas otras no reconocidas por la medicina científica (enfermedades de rezadores) —así como su capacidad para intervenir en el caso de enfermedades materiales, que supuestamente son capaces de diagnosticar— significa reconocer la existencia de otra lógica o de otro sistema causal para las enfermedades. Este sistema no solamente escapa a la comprensión de los médicos y de los especialistas eruditos, sino que los excluye. Es en virtud de esta misma exclusión que ellos lo clasifican de manera simplificada como magia y supersticiones.

Las distintas posibilidades terapéuticas y religiosas aparecen así como un sistema de defensa colectivo frente a los procesos de imposición de la legitimidad médica. Y si la medicina dominante juzga mal este sistema de representaciones y de prácticas populares en materia de cuidados de la salud, probablemente lo hace porque se defiende de lo que es, ante todo, un sistema de defensa en su propia contra. ⊙

El texto de este artículo, escrito originariamente en portugués, fue procesado por los equipos técnicos de la revista Ciência Hoje. *Traducción al castellano: Natacha Pravaz. Revisión técnica: Hugo Ratier (Instituto de Ciencias Antropológicas, Universidad de Buenos Aires).*

LECTURAS SUGERIDAS

BOLTANSKI, L. (1980), *As classes sociais e o corpo*, Río de Janeiro, Geral.

LÉVI-STRAUSS, C. (1964), *El pensamiento salvaje*, México, Fondo de Cultura Económica.

LOYOLA, M.A. (1984), *Médicos e curandeiros, conflito social e saúde*, Río de Janeiro, Difel.

MONTEIRO, P. (1985), *Da doença à desordem, a magia na umbanda*, Río de Janeiro, Graal.

NEVES, D.P. (1984), *As curas religiosas e a idealização da ordem social*, Niterói, CUFF/Proed.

Roberto Fontanarrosa

Eduardo H. Rapoport
La primera guerra mundial de las especies

Entrevista realizada por Guillermo Boido *(Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata) y* Rodolfo M. Casamiquela *(Fundación Ameghino, Viedma).*

Escultura 34 B II 5-88 (Mixomiceto) de E. H. Rapoport, realizada en madera de ciprés patagónico. Los mixomicetos son seres misteriosos, mitad planta y mitad animal. Colección Azulay.

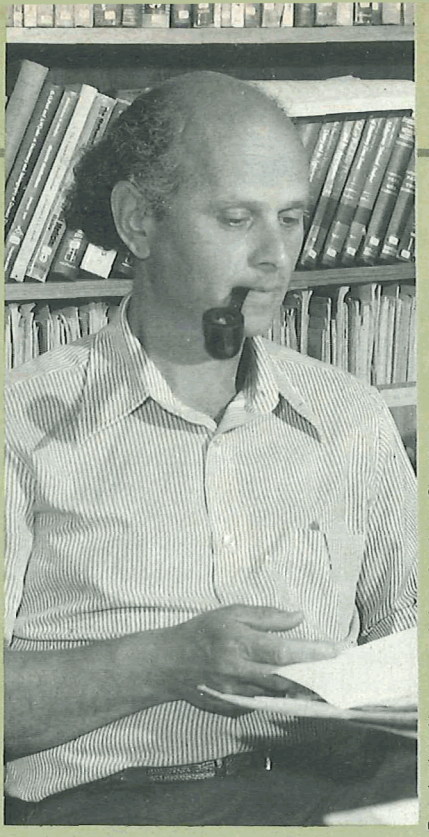


Foto: Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas

"Para el lego, un bosque es más hermoso que una pradera y ésta es más hermosa que un desierto. El ecólogo que estudia y comprende la belleza de las cosas naturales, aunque en otro plano, está muy cerca del santo y del místico que sienten profundo respeto y admiración por la obra natural. Al desierto, si se lo conoce se lo ama y está tan repleto de belleza como el bosque." Eduardo H. Rapoport, nacido en 1927 en Buenos Aires, expone así uno de los pilares de su visión del mundo, en la que se conjugan el conocimiento científico y una dosis poco habitual de sabiduría.

Doctorado en biología en la Universidad de La Plata, en 1956, Rapoport emprendió luego de su graduación un camino que lo alejó de su pretensión inicial de dedicarse a la biología teórica y lo llevó a convertirse en un ecólogo de relevancia internacional. Como en el caso de muchos otros investigadores argentinos de su generación, ello ocurrió al vaivén de episodios críticos de la historia nacional y latinoamericana que le imposibilitaron la continuidad de su tarea científica y lo obligaron a modificar con frecuencia su país de residencia y su ámbito de estudio. Frutos de este itinerario han sido, para Rapoport, sus trabajos en microfauna del suelo en el Instituto de Edafología e Hidrología de la Universidad del Sur (del que fuera director), en biogeografía en el Instituto de Zoología Tropical de la Universidad Central de Venezuela, en ecología geográfica en la Fundación Bariloche y en ecología urbana y de las especies invasoras en el Instituto de Ecología de la Ciudad de México.

Finalizada momentáneamente esta peregrinación, Rapoport reside desde 1984 en San Carlos de Bariloche, donde se desempeña como profesor titular de biogeografía en la Universidad Nacional del Comahue y dirige un centro de investigaciones cuyo extraño nombre es Ente Codisciplinario Organizado para el Tratamiento Óntico de Númenes Oropélicos (ECOTONO). Investigador superior del CONICET y miembro honorario de la Ecological Society of America, Rapoport ha publicado numerosos trabajos científicos y de divulgación, además de cinco libros acerca de temas de su especialidad.

A los efectos de esta entrevista, elaborada al cabo de dos conversaciones que Rapoport sostuvo con *Ciencia Hoy* en Bariloche, importó menos explorar los aspectos técnicos de su frondoso currículum que poner en evidencia su capacidad reflexiva, expresada a veces con un lenguaje humorístico infrecuente, acerca de las relaciones del científico y el hombre con la naturaleza y la sociedad. Sin prejuicios, y por momentos a contramano de opiniones y creencias ortodoxas, Rapoport aborda una serie de temas que lo apasionan: su "paseo al azar" por el mundo de la investigación, su concepción de la ciencia, sus opiniones sobre las conflictivas interacciones actuales entre el hombre y su medio.

En *El sentido común de la ciencia*, el matemático y antropólogo Jacob Bronowski ha caracterizado a cierto arquetipo de científico moderno, solemne y aislado de su sociedad, como un "extranjero misterioso". Comprometido hasta la médula con la defensa del patrimonio genético y autor de un prefacio en el que exige de los investigadores que declaren sus gustos culinarios, Rapoport no encaja en el modelo. Seguramente Bronowski hablaba de otra gente.

¿Qué influencia tuvieron sus profesores del Colegio Nacional Sarmiento en su decisión de dedicarse a la biología? ¿Guarda buen recuerdo de ellos?

Salvo honrosas excepciones, no tuvieron ninguna influencia. Eran un desastre. Yo había decidido estudiar biología ya en quinto grado de la escuela primaria, pero al entrar a la secundaria los textos no me satisfacían y leía en cambio a Eddington, Pierantoni y Bertrand Russell. Ello me significó la enemistad de mis profesores, que me castigaban con *ceros* y *unos* en Botánica y Zoología. Desde su punto de vista yo era un pésimo alumno y, por mi parte, casi nunca me sentí a gusto en un aula hasta que ingresé a la Facultad de Ciencias Naturales de La Plata.

¿Por qué La Plata? Usted es porteño y en aquella época vivía en Buenos Aires.

A mediados de los años cuarenta poco y nada era lo que se hacía en biología en la Universidad de Buenos Aires ya que prácticamente había sido destruida. En La Plata, en cambio, había un grupo de gente capaz, muy trabajadora, aunque quizá demasiado orientada hacia la taxonomía, la descripción de nuevas especies de la flora o de la fauna. En realidad yo quería dedicarme a la biología teórica, la epistemología, tratar con el problema del origen de la vida. Así que, con mi hermano mayor Osvaldo, que era meteorólogo pero con muchos intereses en esos temas, nos dedicamos a escribir lo que iba a ser el trabajo más arduo de cuantos hice. Trataba sobre la definición y el origen de la vida, y mereció la discusión y la crítica de un grupo de gente que se reunía en el consultorio de mi padre, que era médico, en la calle Corrientes y Uruguay, donde estaba *La Emiliana*: Rolando García, Gregorio Klimovsky, Oscar Varsavsky y otros. Ahí ellos estudiaban y discutían temas de filosofía de la ciencia, de sociología, porque en esos años del peronismo no se permitía la reunión pública de más de cuatro personas. Bueno, el hecho es que mi hermano y yo, durante siete años, armamos y desarmamos el famoso trabajo hasta que finalmente lo publicamos en la revista del Museo de La Plata en 1955. Recibimos comentarios elogiosos de Oparin y de Bertalanffy, y llegamos a pensar que habíamos revolucionado la biología. La realidad es que la biología no se revoluciona tan fácilmente.

Foto: Eduardo H. Rapoport

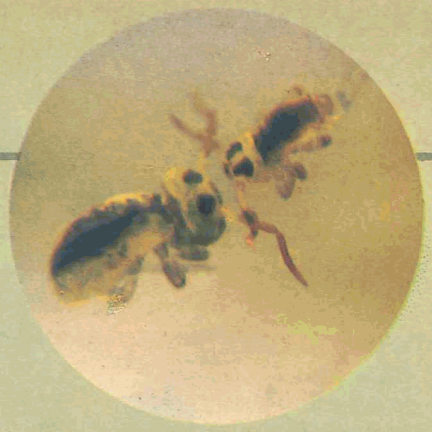


Foto: Eduardo H. Rapoport

Amor entre colémbolos patagónicos. La hembra, de mayor tamaño, tiene una longitud de un milímetro.

¿En qué quedó ese interés inicial por la biología teórica?

En nada. Las circunstancias personales y laborales me obligaron a ocuparme de otros temas. La biología teórica fue un sueño de juventud que no pudo ser. Uno no siempre elige.

¿Cuál fue la circunstancia concreta que lo llevó a orientarse hacia la ecología? Porque poco después de la fecha en que publicó su trabajo aparece en Bahía Blanca, convertido en un experto en microfauna del suelo.

Hubo una historia previa. Meses antes de la caída del peronismo, en 1955, decidí que debía intentar irme a investigar al exterior, y le escribí al biólogo que más admiraba: el inglés J.B.S. Haldane. Para mi sorpresa me contestó. Dijo que me recibiría con mucho gusto en su laboratorio, pero no en Inglaterra sino en la India, y que me esperaba en Nueva Delhi. Haldane había resuelto renunciar a su ciudadanía en oposición a la política imperialista británica y radicarse en la India. Me puse a hacer los trámites para viajar y en ese momento se produjo el golpe militar que derrocó a Perón. Como consecuencia del nuevo gobierno se crearon nuevas universidades, y entre ellas la Universidad del Sur. Alguien a quien yo apreciaba mucho, Vicente Fatone, me invitó a trabajar allí y acepté, así que, en lugar de instalarme en la India me fui a Bahía Blanca, mientras me preguntaba qué diablos podía hacer un biólogo en un Instituto de Edafología e Hidrología, sobre suelos y aguas. Al fin me decidí por la hidrobiología y trabajé con cangrejos, almejas, plancton. Ahí, de a poco, me fui convirtiendo en ecólogo. Mi atención se centró entonces en la microfauna del suelo. Se sospechaba, aunque no se había demostrado ni cuantificado en condiciones controladas, que los animalitos del suelo son los humificadores que degradan las plantas y hojas muertas. Me dediqué a criar y estudiar un grupo muy primitivo de artrópodos, los colémbolos, unos bichitos de alrededor de un milímetro de largo que viven en el suelo. Puede haber entre miles y decenas de miles por metro cuadrado. Al final, logré medir cuanto producen, en ácidos húmicos y fúlvicos, por año. Pero por falta de experiencia cometí el error de publicar sólo un resumen del trabajo y, para colmo, en castellano. Ergo: el único que lo leyó fui yo. Más tarde, afortunadamente, pudimos formar un grupo de unas ocho personas. Nos divertimos jorobándolos a esos pobres bichos, averiguando cuántos viven, cómo se distribuyen espacialmente, cómo son afectados por las lluvias, inundaciones, heladas y sequías, cómo se desplazan y dispersan (siguen trayectorias en todo parecidas a un movimiento browniano), qué relaciones tienen con las raíces de las plantas, con los fertilizantes, herbicidas y fungicidas. Este trabajo por supuesto fue, por momentos, sumamente divertido o sumamente tedioso según como uno mirara la investigación. Si uno toma el asunto como una diversión, no son suficientes las horas del día para dedicarse. No alcanzan los sábados, ni domingos, ni feriados. Por el contrario, si uno lo toma como una obligación se transforma en un infierno y uno no ve el momento de volver a casa.

¿Hubo alguna actividad especialmente difícil?

Una de las más dificultosas era la ubicación taxonómica, o sea, el averiguar los nombres correctos de las especies con que trabajábamos. Normalmente uno consulta con especialistas para esa tarea, pero no siempre están a mano y no siempre disponen de tiempo para responder a los pedidos que les llueven de todos lados. Yo también tuve que dedicarme a la taxonomía, cosa muy absorbente aunque fascinante, porque ahí es donde uno empieza a entender qué es una especie y a comprender un poco de evolución. Tardé un año y medio en averiguar cómo se llamaba una especie que había mantenido en cultivo. Aparecían docenas de especies de colémbolos, algunas conocidas pero por primera vez halladas en la Argentina o en América, y otras nuevas. Ya ve que no es necesario irse al Nepal o al Amazonas para encontrar especies desconocidas. Hasta pueden aparecer en el jardín de nuestras casas.

Es de suponer que eso requiere elegir un nombre para esas especies nuevas. ¿Qué nombre les ponía?

Generalmente el de alguna característica resaltante de la especie, en latín o en griego, o relativa al lugar geográfico donde fue encontrada. Por ejemplo, *australis, bonariensis, araucana*; pero también me propuse aprovechar la oportunidad para rendir homenaje a gente a quien respetaba o apreciaba mucho. Algunas de esas especies llevan el nombre de Haldane, Gabriela Mistral, Nicolás Guillén, Pablo Neruda, Heitor Villalobos, Ovidio Núñez (el citogenetista). Cuando el matemático Antonio Monteiro miró al microscopio el colémbolo al cual yo le había puesto su nombre pegó un respingo y me dijo: "Usted se ha burlado de mí. ¡Le puso mi nombre a un bicho de cuatro ojos porque uso anteojos!". Cierta vez descubrí un colémbolo que era a la vez especie y género nuevos. Decidí que era una oportunidad única para vengarme del entonces rector de mi universidad, quien me había hecho la vida imposible. Le puse su apellido seguido de la palabra *incultus*. Días más tarde pasó a visitarme por Bahía Blanca mi ex profesor y maestro Raúl Ringuelet y, charlando con él, le mostré orgulloso mi hallazgo y le informé de cómo se llamaría. Se me heló la sangre en las venas cuando frunció el ceño y me dijo: "Me extraña, Rapoport, que usted cometa semejante desatino e injusticia". En ese momento me arrepentí de habérselo comentado pues deduje que eran parientes o amigos. Pero la situación se aclaró cuando terminó la frase: "¿Cómo se le ocurre dejar manchada para siempre y de manera indigna a una bellísima e inocente criatura de la naturaleza?". Claro está, yo no lo había pensado desde el punto de vista del animalito así que, en ese momento, decidí cambiarle el nombre. Por el contrario, nunca me arrepentí del nombre que le puse a un colémbolo que fue hallado en el Domeyko por un grupo de la Universidad de Chile. Se trata de una puna donde no crece ni una brizna de pasto, el desierto más desértico del mundo ya que allí jamás se ha registrado una lluvia. Por haber logrado vencer tamaña agresión ambiental, por medios pacíficos, le puse a esa especie el nombre de Gandhi.

Usted renunció cuando Onganía intervino las universidades en 1966, pero no pertenecía a la más afectada, la de Buenos Aires. ¿Hubo alguna razón especial para haber adoptado esa resolución?

Me sentí herido profundamente, aunque a mí, en Bahía Blan-

ca, no me ocurrió en lo personal absolutamente nada. Simplemente me resultaba indignante que hubiese sido destruida la que consideraba la primera universidad en serio que existía en Latinoamérica. Así que me fui del país, esta vez sí, por invitación de la Universidad Central de Venezuela. Fue algo curioso porque, cuando llegué al Instituto de Zoología Tropical, mi lugar de trabajo, resultó que estaba cerrado. En julio la policía argentina repartía garrotazos entre los universitarios en Buenos Aires, y en diciembre, cuando llegué a Caracas, la Dirección General de Policía hacía casi lo mismo con los venezolanos. Había entrado a la Universidad, roto laboratorios, destruido instalaciones. No tuve más remedio que esperar, buscar departamento para mi familia, escuela para mis hijos...

¿En qué trabajó allí?

Seguí con la microfauna del suelo, al menos al principio. Cuando era director del Instituto de Edafología había organizado una expedición a la Patagonia a la que, con ayuda del CONICET, pude invitar a Delamare de Boutteville, Ringuelet y Santiago Olivier. En materia de bichos del suelo encontramos una enorme cantidad de novedades, que ocuparon cuatro volúmenes publicados por el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) y CONICET. Ahí empecé a comprender las extraordinarias relaciones que hay entre la fauna de los suelos de la Patagonia y las de Nueva Zelandia, Tasmania y parte de Australia. Y entonces se despertó mi interés por la biogeografía. En aquel momento era un *quemo* hablar de deriva continental, y los biogeógrafos eran prácticamente los únicos que defendían la teoría de Wegener de un continente único que luego se habría fragmentado y originado los continentes actuales. Pero yo encontraba tales similitudes entre especies patagónicas y otras de Nueva Zelandia que parecían corroborar la hipótesis de un origen biogeográfico común. Luego, cuando se desarrolló la tectónica de placas, la hipótesis de Wegener tuvo real sustento. Hasta ese entonces la zoogeografía, fundada a mediados del siglo XIX, estaba basada principalmente en la distribución de los vertebrados. Lo que hice fue una puesta al día desde el punto de vista de los invertebrados, que muestran en general relaciones o conexiones entre continentes más antiguas que los vertebrados. Salieron algunas conclusiones curiosas que me condujeron a proponer la creación de una región, Cenogea (Nuevo Mundo), que uniera los EE.UU. y el sur de Canadá con Centro y Sudamérica. Aparentemente, durante el Cretácico, hubo una fuerte influencia sudamericana sobre Norteamérica en materia de invertebrados. Lo contrario ocurrió a fines del Terciario con los mamíferos. Allí propuse también una división del mundo en tres cinturones biogeográficos: holártico, holotropical y holantártico, que responden a antiguas conexiones más que a los actuales parecidos climáticos. Fíjese que veinte años después me vine a enterar que un biogeógrafo polaco, Szafer, propuso independientemente la misma cosa con muy pocas diferencias, en el mismo año y usando idéntica nomenclatura que la mía, pero basado en la distribución de plantas. De esa época es también un artículo que tuvo difusión, y que saqué en la revista *Evolution*, sobre las variaciones geográficas de la coloración en invertebrados, especialmente colémbolos. Yo había estudiado la colección de colémbolos del Instituto Antártico Argentino y me habían llamado la atención los colores oscuros de esos animalitos polares. Tiempo después pude estudiar colémbolos amazónicos, que me sorprendieron por sus colores pálidos. ¿Sería que existe un gradiente geográfico en la coloración? Me puse a revisar las muestras de Tierra del Fuego, Patagonia, Bahía Blanca, La Plata, Río de Janeiro, etc., y comprobé que había una correlación entre latitud y tonalidad, no sólo en los colémbolos sino también en otros invertebrados y en vertebrados de sangre fría. Eso era interesante pues desde principios del siglo pasado se conocía la Regla de Gloger, válida para aves y mamíferos, que señalaba el decremento de la pigmentación con la latitud. Incluso en el ser humano, las razas más oscuras están cerca de los trópicos mientras que los nórdicos tienden a ser rubios y pálidos.

O sea, descubrió una regla anti-Gloger.

Exactamente. Y para mi satisfacción, un evolucionista muy conocido, Michael Rosenzweig, en 1974, en uno de sus libros propuso llamar con mi nombre esa regla. Pero la satisfacción no duró mucho tiempo: nadie le llevó el apunte y el mundo siguió girando sobre su eje.

Entonces, ¿se perdió la Regla de Rapoport?

Sí y no. A pesar de ese desastre, mi ego ha vuelto a regodearse ya que el año pasado otro biólogo norteamericano, George Stevens, llamó Regla de Rapoport a otra cosa distinta. Yo había encontrado que las especies de mamíferos, desde Panamá hasta Alaska, tenían áreas geográficas cada vez más extensas. De sur a norte, un incremento del área pero con superposiciones constantes entre especies del mismo género. Stevens trabajó en el tema y halló que el asunto también se cumple en aves, plantas, moluscos marinos, reptiles y otros grupos, no sólo en Norteamérica sino también en el Viejo Mundo. Así que creí estar a salvo, pero no por mucho tiempo, según parece. Una becaria del CONICET que trabaja conmigo, Adriana Ruggiero, ha estado estudiando la areografía de mamíferos sudamericanos y, con una falta total de cortesía y respeto para con su jefe, llegó a conclusiones distintas de las de Stevens.

¿Y usted aceptó esa afrenta?

De ningún modo. No me quedé atrás. Busqué y rebusqué la manera de encontrarle fallas a sus cálculos y creo que las hallé. Por un tiempito más seguiré siendo uno de los raros hombres con regla, en el hemisferio sur por lo menos.

Volvamos a Venezuela. ¿Por qué dejó ese país?

Cuando pude entrar a la Universidad iniciamos con Cela Gómez un experimento a largo aliento, que venía rumiando de años atrás: la relación entre el espacio de vida y los procesos de extinción de especies, un tema que después se llamó *teoría biogeográfica de islas* con el trabajo de MacArthur y Wilson. Debíamos monitorear los cambios de la microfauna del suelo en macetas desde muy pequeñas hasta muy grandes, y regarlas diariamente con agua destilada. Calculamos que íbamos a necesitar unos tres años para obtener datos significativos, pero al año y medio hubo algunos disturbios estudiantiles, entró por segunda vez la policía y clausuró la Universidad. El experimento, por supuesto, fracasó. Pero lo mismo ocurrió con cultivos y experimentos en otros institutos universitarios. En resumen, mi conclusión fue que en Latinoamérica, por los vaivenes políticos, la inestabilidad económica, las huelgas, los disturbios, es mejor no encarar investigaciones a largo plazo. Un año después, una tercera intervención, esta vez por el ejército y hasta con tanques de guerra, vino a confirmármelo. Durante meses nadie pu-

do entrar en la Universidad. Cuando recibí una invitación de la Fundación Bariloche miré el mapa y constaté que la universidad más cercana —uno de los sitios más atractivos para los uniformados— estaba a 500 km de distancia. Pensé "no hay peligro" y me vine en 1971. Pero me equivoqué de largo. La tranquilidad se acabó después del golpe de estado de 1976. La Fundación tuvo que despedir a más de doscientas personas y sólo permaneció un pequeño grupo que sobrevivió con subsidios del exterior.

En la Fundación Bariloche usted trabajaba en temas de ecología geográfica, y de esa época es su libro *Areografía. Estrategias geográficas de las especies*. Allí hay un prefacio humorístico que parece destinado a destruir la imagen de "extranjero misterioso" que el científico, según Jacob Bronowski, suele presentar ante los ojos de la gente. ¿Cómo se originaron ese libro y ese prefacio?

Un buen día me empecé a preguntar acerca de la extensión de las áreas ocupadas por las distintas especies, su distribución espacial, sus superposiciones y deformaciones, ese tipo de cosas. Cuando reuní la información que necesitaba obtuve algunos resultados sorprendentes acerca de las formas de esas áreas y su relación con el medio que permitían, por ejemplo, ver cómo las especies fragmentan un continente en virtud de ciertas tácticas y estrategias que emplean. El resultado fue ese libro, *Areografía*, en el cual yo quise hacer lo mismo que Chaplin con sus películas. Él era director, argumentista, actor principal e incluso componía la música y yo, por mi parte, quise diseñar la tapa de mi libro, dibujar los números de los capítulos, ponerle viñetas y epígrafes aunque no tuvieran mucho que ver con el contenido científico. El prefacio humorístico representa una ruptura con la solemnidad habitual en la ciencia y que en definitiva sólo sirve para alejarla de la gente. Los científicos no son unos sabios que viven en el limbo, no son seres perfectos, infalibles. La ciencia es divertida, está llena de facetas humorísticas que pocas veces salen fuera del gabinete de trabajo o del laboratorio. Es un producto humano y quienes lo producen son personas que en lugar de dedicarse a otra cosa se dedican a la investigación. ¿Por qué encubrir algo tan obvio? Sin embargo, hay profesionales que sacan provecho del respeto que se tiene por ellos e imponen una solemnidad a sus actos que no condice con la realidad.

¿Cómo evalúa la tarea de la Fundación Bariloche en ese período en el que usted trabajó allí?

Creo que nunca en mi vida he trabajado tan a gusto, con tanta libertad y con un nivel académico impensable en cualquier universidad de esa época, incluyendo a las europeas. Había cero burocracia y gente de gran calidad humana. A modo de ejemplo le cuento una anécdota: en 1974, uno de los jóvenes ecólogos más prometedores que conocía era Exequiel Ezcurra. Y no me equivoqué, pues es actualmente una de las mentes más privilegiadas en Latinoamérica. En ese entonces lo dejaron cesante en la Universidad del Comahue, sede Neuquén, y vino a Bariloche a ver oportunidades de trabajo. Me preguntó qué posibilidades había en la Fundación y ahí mismo tomé el teléfono, hablé con el administrador y quedó contratado en el acto. Se quedó estupefacto. Vale decir, la Fundación confiaba en mí y yo tenía plena libertad para usar mi presupuesto anual de la manera que mejor me pareciera. Por supuesto que si metía la pata y me perdía la confianza, yo mismo me quedaba sin trabajo.

La siguiente etapa es México.

Yo no quería irme de Bariloche, así que aguanté durante un año haciendo artesanías y trabajando en instalaciones eléctricas. Aprendí a picar paredes y logré que la cuchara de albañil y el cemento obedecieran las instrucciones de mi cerebro. Al final acepté una invitación del Instituto de Ecología de la Ciudad de México, donde trabajé especialmente en el tema de la contaminación por especies en regiones urbanas, algo con connotaciones y proyecciones sociales y psicosociales muy interesantes. México es una ciudad terrible, la antítesis de Bariloche. No sólo es gigantesca (vive el equivalente a la mitad de la población argentina) sino también supercontaminada. Las áreas verdes han desaparecido casi por completo. Para riego usan las aguas servidas de la propia ciudad y el resultado es que un altísimo porcentaje de la población tiene parasitosis. Uno va al mercado y se maravilla del aspecto sabroso y atractivo de la fruta y la verdura, pero junto con éstas venden desinfectantes que hay que usar para remojarlas durante media hora antes de comerlas, porque en caso contrario existe la posibilidad real de contraer enfermedades. Allí formamos un grupo que trabajó en temas como la flora de las calles y baldíos, su relación con distintos tipos de contaminación, sus orígenes geográficos, la fauna urbana (roedores, el número de perros, gatos, canarios, etcétera, por familia), las plantas cultivadas y su relación con el nivel social y económico, las plantas "mágicas". Mientras que en la Argentina tenemos la ruda macho, que trae suerte y aleja los males, en México existen otras especies de valor equivalente.

¿Por qué sólo la ruda macho? ¿La hembra no sirve?

En realidad no existen machos y hembras separados. Se trata de una planta hermafrodita, de origen mediterráneo. En España pregunté a mucha gente y parece ser que desconocen esas propiedades mágicas. Ni siquiera conocen el dicho "más común que la ruda"; allí crece silvestre y no la tienen en sus jardines.

A esta altura uno puede pensar que su vida personal y profesional ha sido una suerte de "paseo al azar", no sólo geográfico sino también dentro del campo de la investigación. ¿Es bueno eso?

Es arriesgado. Uno debe romper con el pasado constantemente, pierde tiempo, cada tanto se vuelve un principiante. Se gana en amplitud y se pierde en profundidad. Pero, como dije antes, uno no siempre puede elegir el arraigo, geográfico o profesional. Está el caso de mis hijos, por ejemplo. Los dos mayores empezaron la universidad en 1975, en tiempos del ministro Ivanissevich. Tuvieron muchas dificultades desde un comienzo, era una época de persecuciones, de matanzas, la vida de un estudiante era riesgosa. Salieron espantados. Los otros dos, por decisión propia, ni siquiera terminaron el secundario. Así que ahora, además de mis dos hijos menores, tengo dos hijos electricistas, otro leñador y otro agricultor.

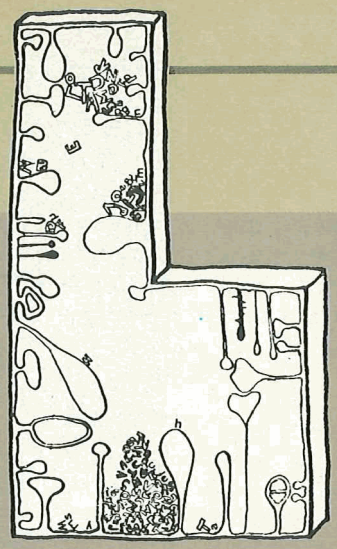
No hubo transmisión hereditaria. ¿Eso lo afecta?

La época de *m'hijo el dotor* se acabó. Lo único que puede desear un padre de sus hijos es que sean felices.

¿Cómo se produjo su regreso a la Argentina?

Volví de México luego de trabajar varios años allí. No me

Sobre los prefacios



Viñeta de Rapoport para su libro *Areografía*

Si entendemos bien, el prefacio es un nicho ecológico no ocupado: se trata de una trama trófica simple en que la energía (producida por el autor) es acumulada en forma de letras sin que los consumidores primarios (lectores) la utilicen en su totalidad. Una pérdida lamentable. El prefacio tendría que utilizarse para otras cosas, tendría que ser el lugar donde el autor desahogue sus tensiones, en donde no solamente se insulte a sí mismo sino, también, al lector y al rector de su universidad en los términos más duros posibles: una especie de psicoterapia de grupo, de válvula de escape para todas las represiones. También tendría que utilizarse el prefacio para explayarse sobre cualquier tópico no relacionado con el tema del libro y que el autor no ha tenido oportunidad de expresar en ninguna publicación científica. Por ejemplo: sus odios, sus manías y pasatiempos, sus máximas rabietas, sus gustos culinarios, los últimos chistes científicos, los episodios cómicos que le ocurrieron en algunos de sus experimentos...

Si yo leo un libro de Margalef, me gustaría saber quién es Margalef, qué opina Margalef de sí mismo, cuáles son sus gustos y aficiones, si toma vino y cuáles son sus marcas preferidas, si odia o no la bouillabaise. Eso me dará preciosa información que guardaré en mi memoria para imitarlo o no en el futuro. O para invitarlo a cenar, cuando se presente la oportunidad. Propongo, entonces, que cada autor ponga un *curriculum vitae* humanizado y, al mismo tiempo, tenga oportunidad para corregir los *curricula vitae* de otros colegas a quienes conoce bien y de quienes no opina de la misma manera que ellos de sí mismos. Eso no agregaría nada a la ciencia pero, en cambio, vitalizaría la historia de la ciencia hasta puntos jamás alcanzados. Esto significaría, entre otras cosas buenas, que los libros de ciencia dejarían de estar en casa y uno podría llevarlos a la sala de espera del dentista. Si así fuera siempre, los prefacios serían mucho más importantes que el texto mismo, y hasta me atrevería a pronosticar que alguna vez serían leídos.

***Del prefacio a* Areografía. Estrategias geográficas de las especies, *México, Fondo de Cultura Económica, 1975*.**

consideraba un perseguido, pero la idea de regresar mientras en la Argentina hubiese una dictadura no era muy atractiva. En 1984 acepté trabajar en la Universidad del Comahue y sigo acá, en Bariloche. Al principio hubo grandes dificultades por problemas de espacio físico, porque en pocos metros cubiertos teníamos un espacio equivalente al de una escuelita. Ahí estaba toda la gente, arrinconada. Hasta tenían que hacer turnos para ocupar un mismo escritorio. Traté de trabajar en mi casa pero es muy chica, los archivos y carpetas estaban en el altillo. Al final me ofrecieron una piecita de hotel y, bueno, por un tiempo me instalé ahí. La Fundación Bariloche había alquilado un hotel en la ciudad y la Universidad le subalquilaba la pieza.

¿Se puede hacer investigación en una pieza de hotel?

No, fue imposible. Además del problema de mi biblioteca, que no cabía en ningún lado, ocurría que quienes trabajaban conmigo estaban dispersos: unos en el INTA, otros en Parques Nacionales, otros en la Universidad. Finalmente conseguimos un subsidio del CONICET y construimos un laboratorio de 128 m^2 donde trabajamos actualmente unas diez personas, entre investigadores, asistentes y becarios. El único aparato complicado que tenemos es una balanza, aparte de una computadora; el resto del equipo lo construimos nosotros. Es la gloria.

La gloria de un investigador argentino parece ser un tanto modesta.

Y, sí. Tratamos de elegir temas de interés patagónico que no requieran instrumental complicado. Por ejemplo, los dueños de la estancia El Cóndor nos cedieron en préstamo una hectárea que cercamos con alambre de púa para evitar el pastoreo de ganado y luego, dentro de ella, cercamos una parcela con alambre tejido para evitar el pastoreo de la liebre europea. Lo que estamos estudiando son los cambios ecológicos que ocurren cuando deja de haber pastoreo de vacas, y de vacas y liebres. Se requiere una cinta métrica, alambres, bastidores, nada excepcional.

El nombre de su instituto de investigación es ECOTONO. ¿Por qué se llama así?

Ecotono es un término técnico. Designa a la zona de contacto entre distintas comunidades vegetales: bosque-pradera, pradera-arbustal. Abrimos un concurso entre gente de la Universidad para proponer nombres. Entre las propuestas estaba "Ente Codisciplinario Organizado para el Tratamiento Óntico de Númenes Oropélicos" (ECOTONO) que resultó electo por mayoría. Como Bariloche, y el laboratorio, están en el ecotono bosque cordillerano-estepa patagónica, creo que el nombre está bien elegido. Pero en realidad ECOTONO es un hiperinstituto, del cual soy gerente general, integrado a su vez por institutos con un único investigador cada uno: se ha cumplido el sueño de que cada persona sea director del suyo propio. El mío se llama Centro Interdisciplinario Perimetral Apropiado en Problemas de Co-Propietarios Próximos y Transprimarios (CIPAPROCOPROTRA) y también tenemos los llamados Organización Conservadora de Inconvenientes Ortodoxos (OCIO), Unión Patagónica Intertransdisciplinaria de Ecólogos Subdisciplinados (UPITES), Instituto Intra-americano de Iconoclástica Independiente e Importador de Ideas Idiosincráticas Interdisciplinarias Indiferentes (I×8)...

Está bien pero, ¿qué hacen esos institutos unipersonales? Antes mencionó el tema del cambio ecológico cuando se modifica el régimen de pastoreo.

Sí, la respuesta de la vegetación al raleo selectivo en zona de estepa patagónica. Otros temas son: incendios forestales, areografía de mamíferos sudamericanos, ecología de un *mallín* cor-

dillerano, modelos matemáticos de la distribución espacial de la vegetación, ecología y geografía de roedores patagónicos. Además de los investigadores que trabajan en estas áreas tenemos varios tesistas de la Universidad del Comahue que se ocupan de cuestiones tales como disturbios experimentales, bancos de semilla, herbivoría y modelos de dispersión.

¿No le molesta trabajar en condiciones tan precarias?

Por supuesto que molesta, pero no queremos que ello nos impida hacer investigación. Salvo la luz, el agua y el gas, que son cubiertos por la Universidad, todo gasto sale de nuestros bolsillos. Obviamente economizamos al máximo y elegimos temas baratos, que son infinitos. Trabajamos en sitios cercanos al laboratorio para ahorrar combustible. Si nos llega un nuevo investigador o tesista debe traerse su propio mobiliario y, si no lo tiene, tomamos serrucho y martillo y lo fabricamos. En ese sentido aprendí de Haldane, mi ideal como científico. En aquel instituto de genética de Nueva Delhi, Haldane tuvo que hacer ciencia pobre, pero de allí surgieron resultados verdaderamente relevantes. Él era un ser humano fascinante, se vestía con ropas indias y enseñaba que para hacer buena ciencia no es necesario anclarse a aparatos caros o complicados o demorarse en espera del subsidio.

Además de sus trabajos de investigación, en estos momentos está filmando un cortometraje. ¿De qué trata?

Es para la televisión. Si pudiéramos obtener algún beneficio con él quizá ECOTONO acabaría autofinanciándose. El cortometraje (o, si somos optimistas, el primero de ellos) trata sobre plantas comestibles de esta región, el noroeste patagónico. Resulta que aquí hay plantas que crecen naturalmente, muchas de las cuales tienen inmerecida fama de venenosas, y que en realidad son excelentes alimentos. Empezamos con las especies alóctonas, extranjeras, para no molestar a la naturaleza y a Parques Nacionales. Son malezas, increíblemente abundantes, como el diente de león y el alfilerillo, ambas europeas, o la "lechuga del minero" norteamericana, que ha sido la base de alimentación de muchos pueblos desde épocas remotas y es semejante al berro. Sólo aquí en Bariloche hay cuarenta especies comestibles, y con mi mujer y mis hijos hacemos ensaladas, albóndigas, sopas. Bueno, todo esto lo queremos contar en el cortometraje: cómo reconocer estas especies, cómo hacer comidas con ellas. Sería un aporte para la subsistencia de la gente de por aquí. Hemos filmado una buena parte y nos falta incorporar el sonido, pero aún los recursos no nos alcanzan así que, si algún lector de *Ciencia Hoy* se interesa en el proyecto, ya sabe adónde debe dirigirse.

En la actualidad usted es reconocido como una autoridad mundial en el tema de la invasión por especies, una forma muy particular de contaminación ambiental. Sería interesante que expusiera sus ideas a este respecto.

Las especies vegetales o animales compiten entre sí, unas viven de otras, o bien conviven y "colaboran" mutuamente. En una superficie determinada hay siempre un máximo de especies que pueden vivir, un valor de saturación de especies. Si se agregan otras nuevas habrá un disturbio por "sobresaturación", esto es, aumentará la competencia o la depredación, y algunas especies desaparecerán. Por eso existen las jaulas de los zoológicos y los canteros de los jardines. Desde el siglo XVI, en que

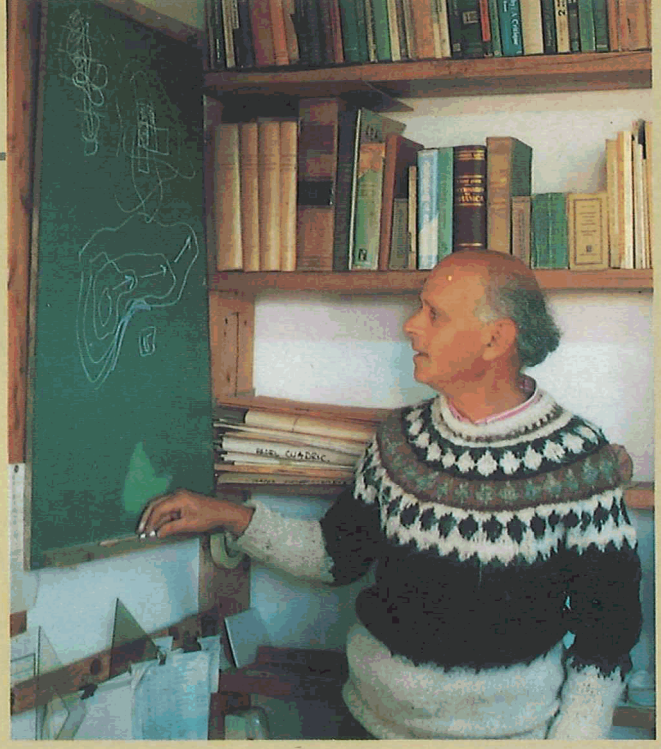


Foto: Guillermo Boido

En ECOTONO, durante la entrevista, Rapoport expone ante sus interlocutores algunos principios de la ecología geográfica.

empezó el comercio mundial intensivo de especies, el planeta se fue convirtiendo en un gran jardín botánico y zoológico. Si se quiere un jardín donde convivan la rosa china, la margarita europea y el pino canadiense hay que trabajarlo, podarlo, carpirlo. De otra forma sería condenar a muerte a muchas especies. Esto es lo que está ocurriendo a nivel mundial. Las que se están extinguiendo son las especies más raras o las menos agresivas. Es la destrucción de un material genético único, irrepetible. Y no se trata solamente de que estamos legando a nuestros hijos un mundo empobrecido, sino de que, además, nadie sabe cuál podría ser la utilidad de esa riqueza en el futuro. No se conoce con certeza la totalidad de especies que hay en el mundo; en realidad sólo hemos estudiado una minoría. ¿Cuánta potencialidad hay todavía en materia de flora y fauna? No lo sabemos. Hay un medicamento contra la leucemia que se ha logrado a partir de las propiedades de una planta originaria de Madagascar, *Catharanthus roseus*. Pero en Madagascar el 90% de los bosques han sido destruidos. ¿Cuántos otros medicamentos potenciales se habrán perdido? Y desde el punto de vista moral, el hombre, una especie más, no tiene derecho a considerarse dueño del mundo.

Habría por lo tanto que explicitar una ética y una estética ambientales.

De esa cuestión me he ocupado en diversas publicaciones, y quizá podríamos reproducir algunas ideas mías por separado. Pero, bueno, la contaminación por especies es el tema al que dedico la mayoría de mis estudios actuales. Por ejemplo, hemos empezado a catalogar las malezas escapadas de su región biogeográfica original o transportadas por el hombre y resulta que tenemos más de 10.000 especies registradas sobre un total de 250.000 especies de plantas superiores. Y esto que ocurre con las malezas también sucede con animales y microorganismos: todo indica que las regiones biogeográficas se están mezclando, que hemos abierto las jaulas del zoológico y ahora, en lugar de un jardín edénico, tenemos un planeta en el que se ha declarado la primera guerra mundial de las especies.

¿Por qué la primera? ¿No hubo otras? La historia del planeta ha sido más bien accidentada.

Desde luego hubo ciertas guerras parciales en tiempos remo-

tos. Hace unos cinco o seis millones de años, a fines del Terciario, se unieron las dos Américas y se produjo un intercambio de flora y fauna entre ambas. Y allí, entonces, por competencia, depredación, quizá por cambios climáticos e incluso por la intervención del hombre, el amerindio, parte de la riqueza de las especies se perdió. Pero la extinción de especies en la actualidad no tiene parangón, ya que no se trata sólo del intercambio entre dos continentes, sino entre todos los continentes e islas. Es impredecible saber qué puede ocurrir en el futuro. Por ejemplo, hemos recorrido toda Tierra del Fuego y descubrimos que las especies introducidas están en todas partes, excepto en las cumbres montañosas y en las turberas. Y eso ocurre incluso dentro del Parque Nacional salvo en unas poquísimas hectáreas. Son especies vegetales europeas: por cada una de ellas hay un espacio vital menos para las autóctonas. Estamos transformando la naturaleza sin sentido.

En muchos casos esa forma de contaminación está motivada por criterios estéticos. Se desdeñan ciertas especies animales y vegetales por su "fealdad" y con ello se pretende justificar su destrucción, mientras que a otras, a las que se considera "hermosas", se las protege y se comercia con ellas. Es de suponer que para un ecólogo estas valoraciones han de ser irritantes.

A veces sí. Hay plantas y animales *in*, que dan prestigio, y otras que son *out*, las especies "mersa". Pero los criterios cambian con el tiempo. ¿Qué habrá sido de los perros pomerania, que eran *in* cuando yo era chico? No los veo por ninguna parte.

Ética y estética ecológicas

El término "polución" como sinónimo de contaminación estuvo de moda en los pueblos de habla hispana unos pocos años, hasta que quedó en desuso. En este sentido, es posible que la Real Academia de la Lengua Española se haya apresurado demasiado al aceptar esa acepción en el diccionario. En su uso correcto, polución es sinónimo de eyaculación o efusión del semen. Una fábrica que emite contaminantes al aire por sus chimeneas, o a los ríos por sus efluentes líquidos, produce un disturbio en la flora y fauna, eliminando las especies sensibles y favoreciendo las resistentes. La introducción de especies invasoras por el hombre produce efectos en cierto sentido semejantes a los de la contaminación química ya que —directa o indirectamente— excluye ciertas especies y favorece a otras. En todo sentido es una verdadera contaminación por especies y se acerca más al concepto de polución *sensu stricto* ya que, en numerosos casos, se producen hibridaciones con las especies autóctonas afines. La introducción forzada de especies, algunas veces, puede constituirse en una verdadera polución ya que inyecta sus genes en los ecosistemas naturales. A diferencia de la contaminación química, física (calor, radiactividad) y biológica (microorganismos patógenos), la contaminación por especies es más insidiosa y difícil de controlar. Es más insidiosa porque pasa inadvertida para la mayoría de las gentes; lentamente, individuo por individuo y especie por especie, la flora y la fauna van siendo reemplazadas hasta dar origen a una nueva asociación de carácter cosmopolita. El aspecto de la comunidad o ecosistema no necesariamente cambia el número de individuos; el de especies tampoco. Pero algo se ha perdido: el acervo cultural de la región y, por ende, del país y del globo entero. Porque el acervo cultural no consiste sólo del lenguaje, tradiciones, artes, literatura y tantas otras actividades de la vida humana. También hay que agregar el paisaje. Y en el paisaje están implicadas las plantas y animales que allí existen, sirvan o no sirvan para el ser humano.

Un maestro espiritual dice que la perfección reside en que cada cosa esté en su lugar. El Monte Olimpo tiene su significado en el lugar donde está. Si lo llevo a Nueva York crearé un adefesio como el castillo inglés que fue trasladado a California. Un adefesio como lo son los jardines con palmas y césped de plástico. Un adefesio como los bosques de eucaliptos australianos en áreas "parquizadas" de Caracas, en donde se taló previamente un bellísimo bosque tropical.

Todo es cuestión de educación y de amor. Y amor significa respeto y admiración por la obra de la naturaleza. Para el lego, un bosque es más hermoso que una pradera y ésta es más hermosa que un desierto. El ecólogo que estudia y comprende la belleza de las cosas naturales, aunque en otro plano, está muy cerca del santo y del místico que sienten profundo respeto y admiración por la obra natural. El desierto, si se lo conoce se lo ama y está tan repleto de belleza como el bosque. De la misma manera, y para poner el caso opuesto, el hombre de la ciudad puede quedar admirado ante un campo invadido por malezas de flores vistosas. Para el agricultor, que entiende el significado de esas malas hierbas, ese mismo campo puede constituir un espectáculo deprimente. A su vez, tanto para el hombre de la ciudad como para el campesino, un parque nacional invadido por árboles y arbustos introducidos por el hombre puede constituir una vista admirable, caso totalmente opuesto al del ecólogo que entiende su significado real. La falta de cultura ambiental —normalmente asociada a fallas de la sociedad— puede condicionar a una persona a que no le afecte la acumulación de basuras frente a su casa. Y aun sin esas fallas sociales, el hombre puede condicionarse a no saber distinguir entre una artesanía popular creativa y original de otra vulgar e imitativa como los tan difundidos cuadros con paisajes "chinos". En definitiva, ética y estéticamente, la contaminación por especies constituye un emporcamiento ambiental que debemos saber distinguir. Si a esto unimos la odiosa violencia que ejercemos innecesariamente sobre las floras y faunas, la pérdida del patrimonio cultural de nuestros países, y los tremendos costos sociales y económicos que trae aparejados, no hay lugar a dudas que debemos considerar este problema como de primera prioridad, en cualquier política de control de la calidad ambiental.

De "Transporte y comercio de especies invasoras", en* Ciencia y Desarrollo, *nº 27, México, 1979.

Durante la época victoriana los ingleses importaron las *Aspidistra* de China y las clases pudientes las cultivaron como plantas de interior en todo el mundo, incluso en la Argentina. Durante las décadas del '30 y '40 fueron adoptadas por los restaurantes *chic* de Buenos Aires y ya para los '50 desaparecieron de las casas de gente rica pero sobrevivían en los cafés, lecherías y pizzerías. Hoy prácticamente no se ven en ningún lado, como ha ocurrido con las calas y cicas. Estas últimas se siguen usando, pero sólo para fabricar coronas mortuorias. Es verdad que la mayoría de estos cambios de moda no tienen trascendencia ecológica, pero hay casos en que sí la tienen, como sucedió con nuestros aguaribay, llevados del Perú a México por el primer virrey; se escaparon de cultivo e invadieron extensas zonas, en detrimento de la vegetación natural. Casos como éste se cuentan por centenares. Aquí mismo, en Bariloche o en San Martín de los Andes, hachan los cipreses patagónicos, las lengas, los coihues, y los reemplazan por sus equivalentes norteamericanos o europeos: pinos, abetos, arces, que se transformaron en invasores. Lo primero que hace una persona que ocupa un terreno es arrasar con el michay, *Berberis darwinii*, nada menos. Pero en Gran Bretaña es una de las plantas ornamentales más comunes en los jardines. Y a veces el material genético que sale de aquí es desarrollado en el hemisferio norte y luego vendido entre nosotros como gran novedad. Si la gente no se educa, no aprende a reconocer la belleza de nuestros ecosistemas, en pocos siglos los bosques patagónicos habrán de ser reemplazados por un *tutti frutti* y los atractivos turísticos se perderán en buena medida. Si voy a Europa yo espero encontrar allí castillos, pueblos e iglesias medievales y renacentistas. Si los reemplazan por rascacielos de aluminio y vidrio, por más bonitos que sean, no iré a hacer turismo por esos lados.

Pero además esas especies invasoras pueden amenazar, por ejemplo, la producción agrícola. En la Argentina hay muchas plagas importadas.

Restringiéndonos a la Argentina, y a especies voluntariamente introducidas por la gente que gusta de la caza y pesca, ya se han liberado búfalos africanos y rinocerontes —que por suerte fueron eliminados a tiros—, ciervos colorados, ciervos dama, jabalíes, codornices californianas, truchas, carpas... A fines del siglo pasado se liberaron 36 liebres europeas cerca de Rosario y pocos años después fueron declaradas plaga nacional. Con Dora Grigera hicimos una encuesta a nivel nacional y países limítrofes para seguir el curso de la plaga. Calculamos que el frente de avance progresó a razón de unos 19 km por año y hoy ocupa prácticamente la totalidad de nuestro país, todo Uruguay y buena parte de Chile, Bolivia, Paraguay y el sur de Brasil. Lo mismo ocurrió con el gorrión, especie europea que se la "regalamos" a nuestros vecinos, como hicieron los EE.UU. con México. Los chilenos, por su parte, nos mandaron el conejo silvestre. La importación del conejo le costó a Australia lo mismo que una guerra, aunque trataron de detener su avance con vallas y defensas de alambre tejido de más de mil kilómetros de longitud. Imagínese el costo de ello que, por otra parte, resultó totalmente ineficaz. En ciertos lugares, el conejo incluso provocó la extinción de pájaros, porque exterminó las plantas de las que se alimentaban. La literatura está repleta de casos como éstos, de gente bien intencionada pero mal informada y que deja una herencia de desastres ecológicos con los cuales deben enfrentarse las generaciones que les siguen. Veremos qué pasará cuando el conejo llegue a la provincia de Buenos Aires. O si se escapan y naturalizan los *Quelea quelea* que venden las pajarerías de Buenos Aires. En África forman nubes y cuando descienden sobre los cultivos no dejan ni un grano.

¿Existe algún control para prevenir esos riesgos?

Sí, pero los servicios de vigilancia y sanidad tienen un presupuesto ridículamente bajo y no pueden hacer milagros. A través de las fronteras, puertos o aeropuertos pueden ingresar especies desconocidas en el país y potencialmente perjudiciales. En una maceta con una plantita, o en un simple ramo de flores puede haber virus, bacterias, insectos, hongos patógenos, nemátodos, que sólo se detectan después de varios años, cuando ya la plaga aparece en un sitio y es imposible erradicarla. Cuando se contamina el aire desde una fábrica, la cosa queda generalmente restringida a una zona geográfica. Pero si una especie se escapa de control no hay quien la detenga: solamente pueden hacerlo las barreras naturales. A pesar de sus buenos servicios cuarentenarios, en los EE.UU. entran en promedio unas seis nuevas plagas de insectos por año. En la Patagonia, hemos calculado que aparecen anualmente cinco nuevas plantas invasoras.

¿Cuál es su opinión acerca de los parques nacionales y de las políticas que se han seguido a propósito de ellos?

Empiezo por aclarar que la idea de un parque nacional al que pueda acceder cualquiera a tomar vacaciones o que se preste a la utilización económica me parece una aberración. Sabemos que a nivel mundial se nos están extinguiendo entre una y dos especies vegetales por día, y entre 50 y 250 especies animales por día. Por tanto una idea sensata y científicamente fundada acerca de qué debería ser un parque nacional es ésta: es un lugar en donde el hombre deja tranquila a la naturaleza para que haga su juego. Creo que es peligroso modificar o interrumpir el curso de la evolución. Lamentablemente vivimos en una sociedad de desarrollo furioso. Por ejemplo, aquí tenemos el Nahuel Huapi, mitad parque nacional y mitad reserva: una zona teóricamente intocable y otra que, con restricciones, puede ser utilizada con fines económicos. Pero la mitad de la reserva ya se ha cedido para grandes explotaciones ganaderas y en el mismo parque nacional hay ya tantos pobladores estables como en la reserva. Es una traición a los deseos originales del Perito Moreno cuando cedió estas tierras para que nuestro país tuviera el primer parque nacional y la primera reserva de Sudamérica. Y justamente las tierras que se entregan para desarrollo ganadero son las que corresponden al ecotono y a *mallines* (vegas turbosas), que es donde ocurre el mayor endemismo de especies raras, en peligro de extinción.

Al parecer, una política eficaz en la materia debería respetar un conservacionismo basado en fundamentos científicos, lo cual no parece haber ocurrido.

En la Argentina nunca se diseñó una verdadera política científica de conservación a largo plazo. Se suponía que los parques nacionales, por el sólo hecho de existir, ya representaban un umbral adecuado de protección para la flora y la fauna. La experiencia recogida en diversas partes del mundo permite concluir que ello no es cierto. Australia, por ejemplo, tiene 2.500 parques y reservas y 2.200 especies de plantas amenazadas o en peligro de extinción. Pero sólo el 38% de ellas está en alguna reserva. Y de estas últimas hay un tercio que no están a salvo.

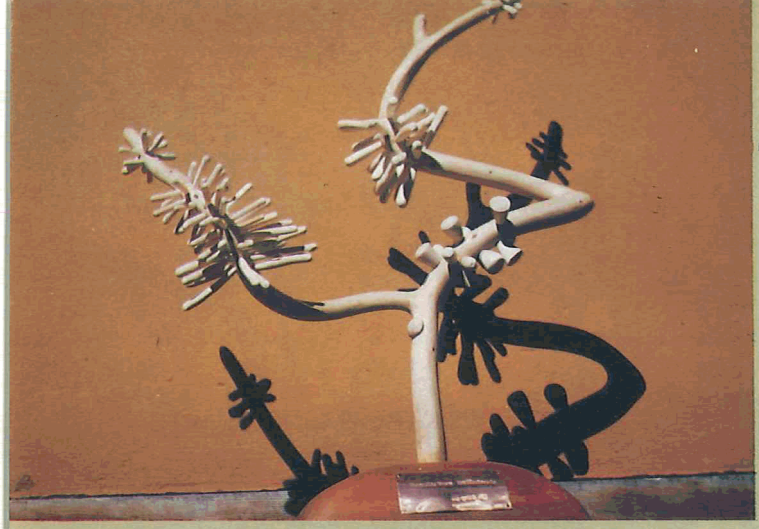


Foto: Eduardo H. Rapoport

Escultura 32 B II 3-87 (Neocallistemon barilochensis n.sp.)en madera de ciprés patagónico. Se trata de una "nueva especie" inspirada en el *Callistemon* australiano. Colección Azulay.

Lo mismo ocurre en la Argentina: una primera prospección de los veinte parques nacionales ha permitido concluir que en diez de ellos ya se han producido extinciones en la fauna de mamíferos. Por otro lado, en la Argentina se cometió el error de establecer los parques nacionales en áreas de especial belleza natural o demasiado próximos a centros urbanos. La belleza paisajística es de gran atractivo turístico y, como la experiencia lo ha demostrado en las últimas dos o tres décadas, turismo y conservación del germoplasma (recursos genéticos) difícilmente pueden ir juntos, o por lo menos no bajo las formas actuales. Como si esto fuera poco, los parques nacionales fueron utilizados para promover el desarrollo regional. Se instalaron potreros de engorde de ganado, cotos privados de caza, criaderos de peces exóticos, plantaciones forestales, centros poblacionales...

Pero existe una Administración de Parques Nacionales. ¿Qué papel desempeña en todo esto?

La Administración de Parques Nacionales es un organismo débil. En total, su personal llega a unos 550 empleados, de los cuales 150 son agentes de control (guardaparques). Para tener una idea comparativa, es bueno aclarar que sólo el Parque Nacional Trentino, en Italia, está cuidado por unos 300 guardaparques, mientras que el Parque Nacional Tierra del Fuego tiene sólo cuatro. A través de prácticamente toda su historia, Parques Nacionales ha estado asediada por grupos de presión de muy diversa índole: gobiernos provinciales, políticos, representantes de las "fuerzas vivas", empresas madereras, empresas turísticas, entidades de pesca y caza, empresas industriales, empresas de bienes raíces, constructoras, ganaderos y pobladores. Incluso, durante un tiempo, pasó a llamarse "Dirección de Parques y Turismo". El resultado, previsible, fue que se hizo mucho para el turismo y muy poco para los parques, y las palabras mágicas que siempre sirvieron para justificarlo fueron (y son) "el país está en crisis" o "no se puede detener el *progreso*". No todo el mundo está de acuerdo, por supuesto, en qué es verdaderamente el "progreso". Hace ya 48 años un biólogo sueco, Santesson, escribía: "Desde 1934, en que se abrió el ferrocarril hacia el Nahuel Huapi, mucho se ha hecho para conveniencia de los turistas, desafortunadamente a costa de enormes valores científicos. Los naturalistas deben lamentar profundamente abusos fatales tales como la tala de árboles y la plantación de pinos canadienses, hechos que están ocurriendo allí ahora". No es difícil prever qué diría hoy ese mismo autor.

La suya es sin duda una posición conservacionista extrema, opuesta al "desarrollismo" que prevalece. ¿Cree que es posible llegar a alguna forma de conciliación o síntesis entre ambas propuestas?

Admito que el desarrollismo lleva las de ganar y que mi posición no tiene muy buena prensa. Sólo me queda vociferar bajito. El desarrollismo se presta más a la demagogia y quizá por ello goza de mayor simpatía por parte de los políticos y administradores. El gobernador de una provincia patagónica dijo hace un tiempo que "Parques Nacionales tiene una política cerrada, cristalizada en un conservacionismo estático y no dinámico, carente de vocación participativa". Un senador provincial propuso una nueva Ley de Parques Nacionales "para que los pobladores no tengan que soportar las insolencias de Parques Nacionales y para que las tierras neuquinas puedan ser disfrutadas sin que tengamos que pedir permiso a nadie". Una empresa consultora, mediante una buena promoción periodística y tocando los resortes políticos adecuados, logró que Parques Nacionales cediera todas las tierras necesarias a fin de crear un Centro Turístico de Esquí y Deportes de Invierno, incluyendo un camino de 30 ó 40 km (que, naturalmente, respetará las tierras privadas y pasará por áreas de Parques Nacionales), con la edificación de hoteles (2.000 camas en una primera etapa) y viviendas en propiedad horizontal. Todo fue logrado bajo repetidas amenazas —siempre verbales— de desafectar esas tierras en caso de haber resistencia por parte de Parques Nacionales. El área a desarrollar, precisamente, es uno de los pocos lugares del Parque Nacional Nahuel Huapi aún no afectado por vacas, ciervos europeos, pobladores, caminos, turistas o incendios. Nada de esto me hace ser optimista con respecto al futuro, pero es necesario seguir denunciando el exterminio de especies y la contaminación, educar a la población, promover la creación de nuevas instituciones destinadas a apoyar el proteccionismo. Lo ideal sería llegar a un acuerdo con el desarrollismo, pero para eso sería necesario detener el desenfrenado avance de la frontera agrícola y quizá modificar la ubicación de los parques nacionales. El actual trazado cubre no más del 1% del territorio argentino y, en la práctica, protege no más del 0,1%. Habría que llevar ese 1% por lo menos a 10% y emplazar los parques en regiones que, de hecho, poseen flora y fauna únicas en el mundo y que están mejor conservadas que las de los parques actuales.

Usted, además de ecólogo, es escultor. ¿A qué *ismo* pertenece su obra?

Al mío propio. Me considero el primer escultor-ecólogo taxonómico que haya aparecido en el hemisferio sur. En el hemisferio norte el único que me precedió fui yo mismo, en Caracas, hacia 1967. Ahí empecé con la llamada Serie Negra de esculturas en madera. Después, en Bariloche, seguí con la Serie Blanca. Expuse mis obras aquí en 1974 y 1988, y también en México en 1982. En realidad, si no fuera un cobarde, cambiaría la ecología por la escultura.

Parece advertirse en su concepción global del hombre y la naturaleza el eco de algunas creencias orientales, quizá budistas. ¿Es así?

Ni orientales, ni budistas. Místicas, tal vez, dudosamente místicas. Pero eso es transitar por terrenos muy resbaladizos. Algún otro día podríamos charlar sobre el asunto.

¿Son incompatibles esas ideas con la investigación científica?

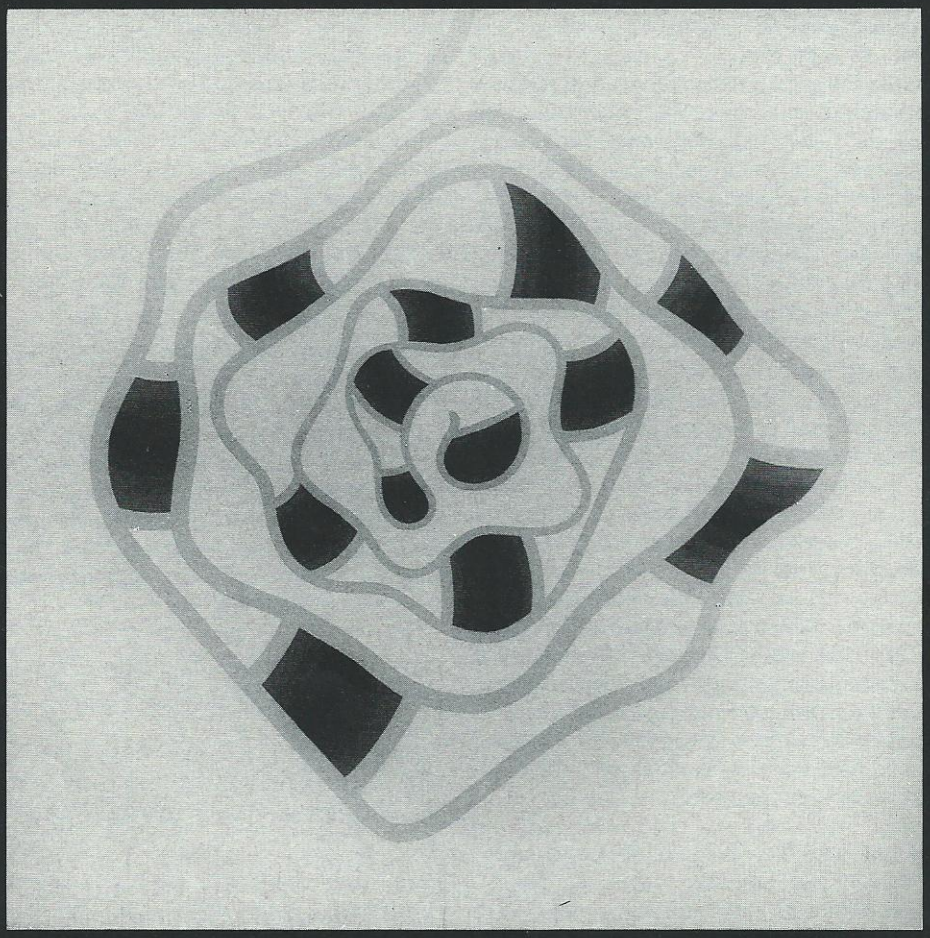
No. Son complementarias. ⊙

¿NUEVOS MATERIALES PARA UNA NUEVA EDAD?

Patricia Frontini

Instituto en Ciencia y Tecnología de los Materiales
Universidad Nacional de Mar del Plata - CONICET

El desarrollo de las civilizaciones está indisolublemente ligado a los materiales adoptados y adaptados por el hombre a través de los siglos para fabricar objetos. Las características de la vida moderna, el progreso vertiginoso que nos hemos impuesto, exigen hoy una adecuación rápida y constante de los materiales; nuevas propiedades surgidas de la reunión de otras tradicionales han dado origen a los actuales materiales avanzados.



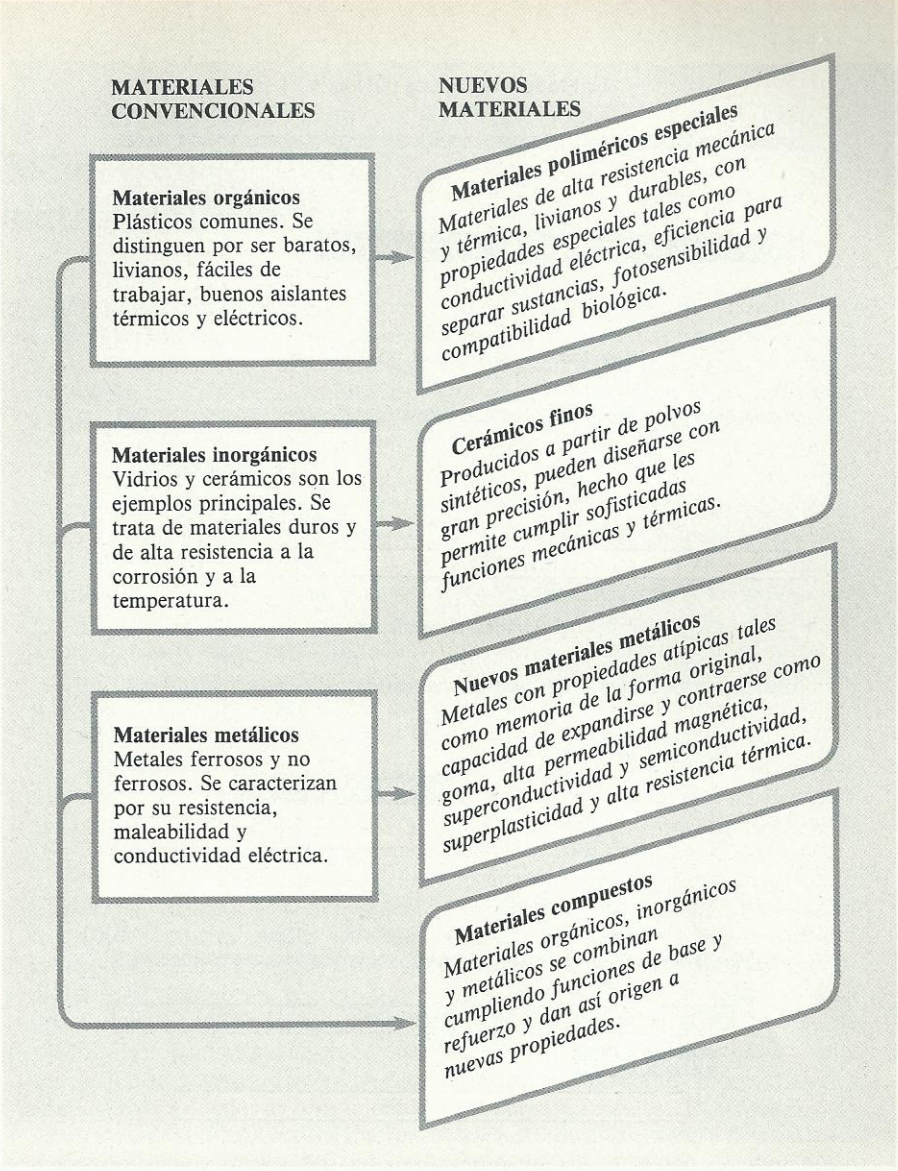
Víctor Magariños D., *Finito-Infinito*. Foto: Andrés Barragán. Colección Museo de Arte Moderno

Los materiales utilizados por el hombre para fabricar aquellos objetos que le permiten mejorar su calidad de vida tienen tanta importancia en el desarrollo de las civilizaciones que sus nombres han llegado a caracterizar los períodos de la historia de la humanidad durante los cuales fueron incorporados a la tecnología: Edad de Piedra, del Cobre, del Bronce, del Hierro...

Desde la más remota antigüedad el hombre ha ido adaptando según sus necesidades toda clase de materiales; en primer lugar piedras, madera, arcillas, fibras vegetales y tejido animal; más adelante los metales que aprendió a extraer de sus respectivos minerales; luego la arena que se convirtió, por su industria, en vidrio. Ahora, en nuestros días, ha desarrollado las fibras artificiales, los materiales sintéticos, los plásticos reforzados, las superaleaciones, los superconductores, las fibras ópticas, etc.

Durante las cinco primeras décadas de este siglo, el estudio de los materiales estuvo separado en distintas disciplinas que dependían de la naturaleza del material o de sus propiedades específicas, de manera tal que los metalurgistas se ocupaban de la estructura y propiedades de los metales y sus aleaciones, los ceramistas del comportamiento de compuestos refractarios no metálicos, los químicos de la definición de estructuras cristalinas de materiales complejos de naturaleza orgánica y tanto químicos como mineralogistas trataban de determinar las estructuras inorgánicas. Los sólidos no cristalinos despertaron el interés de los ceramistas, que estudiaron los vidrios inorgánicos, y algunos químicos se dedicaron a los vidrios orgánicos. Los físicos, entre tanto, se ocupaban de dilucidar la naturaleza de los constituyentes básicos de la materia.

El advenimiento de las nuevas tecnologías en el campo de la energía nuclear, la electrónica y los vuelos espaciales, así como la aparición de industrias dedicadas a la producción de sólidos orgánicos sintéticos desdibujaron los límites que existían entre aquellos especialistas y comenzó a desarrollarse, entonces, la "Ciencia de Materiales", disciplina que intenta unificar los múltiples aspectos antes descriptos. Ahora bien, mientras esta ciencia estudia la estructura, propiedades y procesamiento de los materiales, la "Ingeniería de Materiales" se ocupa de la aplicación de estos conocimientos fundamentales con el fin de obtener productos útiles para la sociedad. En la actualidad se tiende a reunir ambas disciplinas en la llamada "Ciencia e Ingeniería de Materiales" que abarca una actividad multidisciplinaria teórico-práctica referida al conocimiento de la composición, estructura y procesamiento de los materiales con el fin de obtener las propiedades deseadas para su aplicación.



Dibujos: Francisco Revelli.

Fig. 1. Los nuevos materiales y su vinculación con los materiales clásicos.

Las características de la vida moderna han obligado a una rápida adecuación de la tecnología y de las propiedades de los materiales. Estos deben ser cada vez más fuertes, más livianos, más rígidos, más tenaces, más durables, más resistentes al calor, con mejores propiedades eléctricas y electrónicas. Además, es necesario que no contaminen el ambiente, que sean reciclables y que provengan, en lo posible, de reservas de materias primas locales; su procesamiento ha de ser simple, el requerimiento energético, bajo y deberán tener gran valor agregado. Los materiales que prevalecieron en la década pasada son superados por nuevas combinaciones con propiedades especiales que causaron una verdadera revolución y han obligado a los especialistas a cambiar las viejas formas de construir y fabricar. Los ingenieros químicos han debido tratar con cerámicos y aleaciones metálicas, los electrónicos trabajan con semiconductores de silicio y galio, los mecánicos diseñan herramientas y componentes cerámicos abandonando parcialmente los metales, los expertos en industria automotriz y aeronáutica utilizan plásticos y materiales compuestos. En efecto, el plástico reemplaza cada vez con mayor frecuencia al acero en la fabricación de automóviles modernos; las naves aéreas se construyen con materiales compuestos livianos y sin embargo, tan resistentes como el acero; los hilos de cobre son reemplazados por polímeros conductores y fibras ópticas de vidrio; aparecen los materiales que han permitido el desarrollo de la microelectrónica (por ejemplo, germanio, silicio, galio e indio), los cerámicos tenaces y las aleaciones super livianas.

Los "materiales avanzados" o "nuevos materiales" se basan, generalmente, en otros clásicos combinados sinergísticamente o muy mejorados gracias a tecnologías de procesamiento novedosas y a técnicas de ensayo que permiten caracterizarlos de manera certera y confiable, razón por la cual se han visto notablemente ampliadas sus posibilidades de aplicación (véase la figura 1).

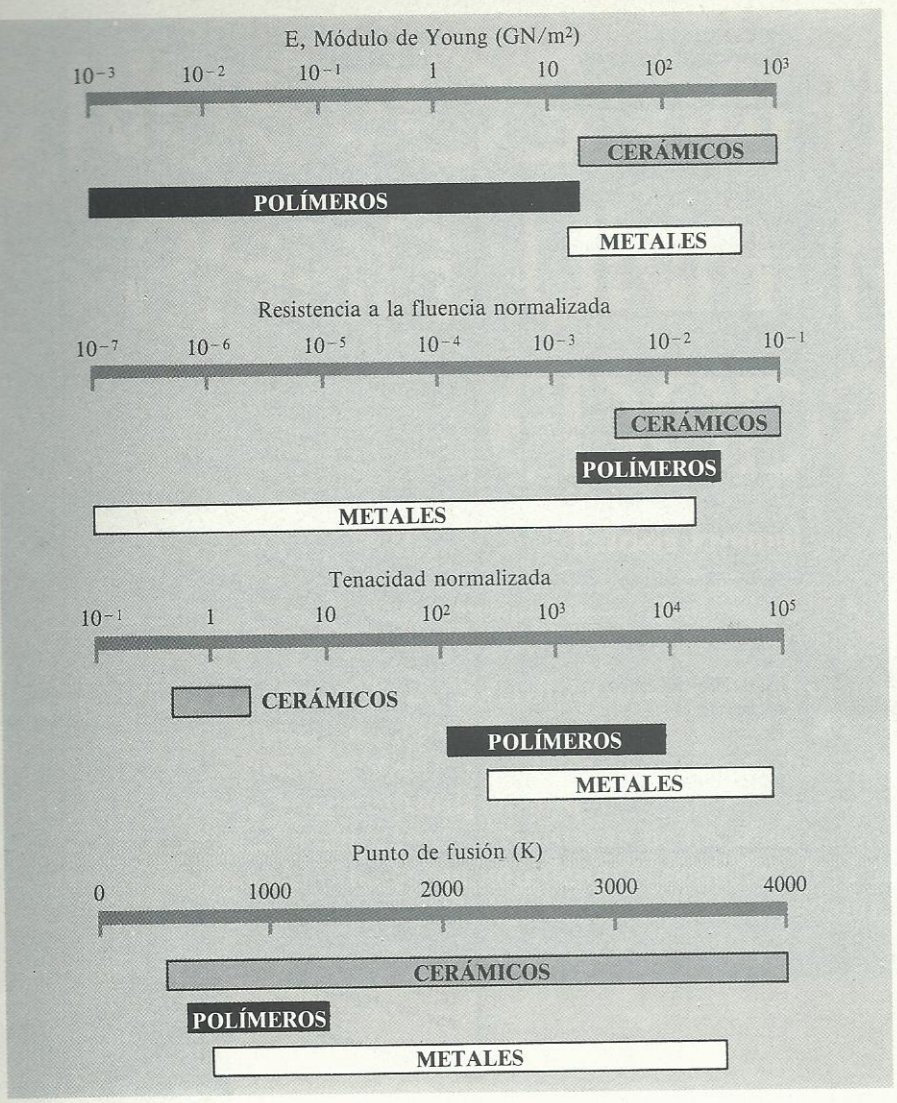


Fig. 2. Comparación de propiedades de los materiales estructurales. La rigidez es expresada por el módulo de Young,E —tensión por unidad de alargamiento relativo— en Giganewton/metro cuadrado (GN/m²); la resistencia mecánica por el cociente entre la tensión máxima a la que el material adquiere deformaciones permanentes y el módulo de Young (σ_y/E). La tenacidad es la energía por unidad de superficie capaz de ser absorbida por el material sin fracturarse, normalizada respecto del producto del módulo de Young por el radio atómico (G/Ea); el punto de fusión se da en grados Kelvin.

Estos materiales poseen propiedades excelentes para responder a estímulos mecánicos, eléctricos, de temperatura o ambientales en extremo exigentes. Por ejemplo aquellos compuestos con matriz polimérica, además de ser livianos, tienen muy buena resistencia y rigidez, y permiten una versatilidad tal en el diseño que resultan particularmente aptos para realizar estructuras aeroespaciales. Los nuevos cerámicos poseen una combinación única de resistencia a las altas temperaturas, al desgaste y a la corrosión, a la vez que una notable estabilidad dimensional que lleva a utilizarlos en la fabricación de partes que se verán sometidas a fricción y de herramientas de corte. Las fibras poliméricas del tipo aramida (Kevlar de Du Pont) son livianas y extremadamente resistentes. Las superaleaciones en base níquel, Ni, son materiales termorresistentes capaces de trabajar a muy altas temperaturas (superiores a 900 grados Kelvin, es decir 1173°C) por lo que se los usa en la fabricación de álabes de turbina de avión. Los superconductores cerámicos presentan propiedades eléctricas que permiten la circulación de corriente sin ofrecer resistencia a temperaturas superiores a las de los superconductores metálicos, hecho que permite vislumbrar su revolucionaria aplicación industrial en líneas de transmisión de energía eléctrica (véase "Superconductividad" en el N° 1 de *Ciencia Hoy*).

Desde el punto de vista de sus aplicaciones en ingeniería, los materiales pueden clasificarse en estructurales y funcionales. Los primeros, que durante su vida útil se verán sometidos a la acción de cargas de diverso tipo, deben tener ciertas propiedades (módulo de rigidez, resistencia mecánica, tenacidad y punto de fusión) convenientes para elaborar con ellos un producto. Se subdividen en metálicos, cerámicos, polímeros y compuestos (véase la figura 2). Los materiales funcionales poseen propiedades físicas o químicas esenciales, específicas o únicas, de manera que son parte irreemplazable del producto en el que se los utiliza. Los materiales fotosensibles, semiconductores y magnéticos son algunos ejemplos.

Los materiales estructurales pueden considerarse avanzados cuando resultan de un esfuerzo de investigación y desarrollo que ha mejorado notablemente sus características (véase "Materiales compuestos avanzados"). En realidad, muchos de los nuevos materiales son simplemente materiales convencionales altamente mejorados. Cabe esperar, sin embargo, que materiales completamente nuevos de la segunda categoría, es decir funcionales, se desarrollen en el futuro con el fin de cumplir funciones muy bien determinadas.

Informes y reuniones documentan la importancia que se otorga a todo lo concerniente a nuevos materiales en el mundo desarrollado. Así por ejemplo en el simposio *The Changing World of Materials* realizado en la Universidad de Drexel, Filadelfia, EE.UU., se trató acerca del comportamiento de mezclas de polímeros y de compuestos reforzados con fibras, en particular de las nuevas tecnologías de procesamiento y modelado por computadora; de las excelentes propiedades conductoras de las fibras de carbono con cloruro de cobre incorporado entre las capas de grafito; de la aparición, en el campo de los semiconductores, del arseniuro de galio que puede emitir luz y alcanzar velocidades entre 10 y 100 veces mayores que las del silicio; de las nuevas técnicas para solidificar rápidamente metales, técnicas que permiten la producción de metales y aleaciones con grano muy fino, los que una vez sintetizados son capaces de resistir altos niveles de carga; en el campo de los cerámicos, del vidrio con mezclas de fluoruros (InF_4, LaF_3, AlF_3, NaF) que permitirían transmisiones de señales luminosas desde Londres a Nueva York sin necesidad de estaciones repetidoras; de nuevos transductores de presión de alta sensibilidad que se pueden lograr mediante la combinación de cerámicos y polímeros en piezoeléctricos compuestos, etc.

En los países en desarrollo, que necesitan alcanzar niveles tecnológicos acordes con la época, resulta imprescindible determinar caminos óptimos de investigación y producción en el área de materiales. Las instituciones que se dedican específicamente a estos temas deberían ocuparse no sólo de la utilización de materiales de producción local, sino del desarrollo de otros nuevos y tecnologías afines, de ensayos y evaluaciones de propiedades, del control de calidad, etc.

MATERIALES COMPUESTOS AVANZADOS
Matrices poliméricas, metálicas y cerámicas

Los avances tecnológicos requieren nuevos materiales ya que los existentes no siempre poseen las condiciones adecuadas para cumplir todas las funciones que exige el progreso vertiginoso que caracteriza a nuestra época. En estas circunstancias han surgido los llamados "materiales compuestos", que en busca de nuevos efectos combinan propiedades de diversos materiales.

Si a una matriz (material base) polimérica, metálica o cerámica que actúa como aglutinante se le agregan fibras ("whiskers") o partículas capaces de reforzarla, se puede obtener un material compuesto con propiedades muy superiores a las de aquellos que le dieron origen.

Cuando las temperaturas que el material debe soportar en servicio no exceden los 200° C se utilizan, por lo general, matrices poliméricas. Los compuestos obtenidos a partir de ellas poseen una gran resistencia mecánica unida a una muy baja densidad y excelente resistencia a la corrosión. Estas características los convierten en materiales estructurales óptimos para satisfacer los requerimientos de la vida moderna.

La mayoría de los compuestos desarrollados para su aplicación en la industria aeronáutica combinan fibras sumamente fuertes y rígidas como las de grafito y aramídicas (su conocido nombre comercial es Kevlar) con alguna resina termorrígida altamente resistente, por ejemplo las resinas epoxi. Compuestos capaces de soportar mayores temperaturas se pueden obtener utilizando resinas poliimidas que toleran, hecho excepcional para un polímero, hasta 300° C.

Las propiedades finales de un polímero dependen, fundamentalmente, de las características de las cadenas de monómeros que los constituyen: su longitud promedio, la magnitud de las fuerzas de unión, la regularidad con que se empaquetan entre sí y la rigidez de cada una de ellas. Las fuerzas intermoleculares más intensas se presentan cuando se producen entre estas cadenas uniones químicas que determinan una estructura de red tridimensional. Este hecho limita la posibilidad de refundirlas una vez que se ha completado la polimerización (proceso de curado). Los polímeros así constituidos se llaman termorrígidos; su estructura entrecruzada les permite soportar altas temperaturas y repetidos esfuerzos mecánicos. Se trata, por ejemplo, del caso de las resinas epoxi y poliimidas antes mencionadas.

Muchos polímeros avanzados actuales, al igual que los plásticos comunes utilizados en los artículos de consumo masivo son termoplásticos, es decir que funden por la acción del calor. Sin embargo se trata de termoplásticos especiales ya que poseen una alta resistencia térmica, propiedad que unida a la característica de ser materiales de fácil procesamiento, hace que muchas veces sean preferidos a los termorrígidos. Suelen denominarse "plásticos para ingeniería".

Cuando las temperaturas de trabajo son lo suficientemente altas como para fundir o degradar un polímero se debe recurrir a los compuestos de matriz metálica. El desarrollo de estos materiales es más lento que el de los de matriz polimérica debido a las dificultades que ofrece el procesamiento a altas temperaturas y también a la falta de un conocimiento profundo sobre el comportamiento de los metales a dichas temperaturas. Se fabrican por infiltración de metal fundido en las fibras o partículas o por mezcla de la carga con el metal fundido. Se los utiliza en la fabricación de pistones y se estudian posibles aplicaciones, por ejemplo en la estructura de piel de las naves aéreas y en piezas para automóviles.

Otros materiales particularmente adecuados para resistir altas temperaturas de servicio son los compuestos de fibras y matriz cerámicas. Los más conocidos son los compuestos carbono-carbono, capaces de resistir temperaturas de 2500° C por lo que se los utiliza en la nariz de los vehículos espaciales que reingresan en la atmósfera. Otras matrices cerámicas incluyen carburo de silicio, nitruro de silicio, óxido de aluminio u óxido de zirconio.

Los compuestos cerámicos constituyen una línea particularmente promisoria dentro del campo de aplicación de los cerámicos avanzados.

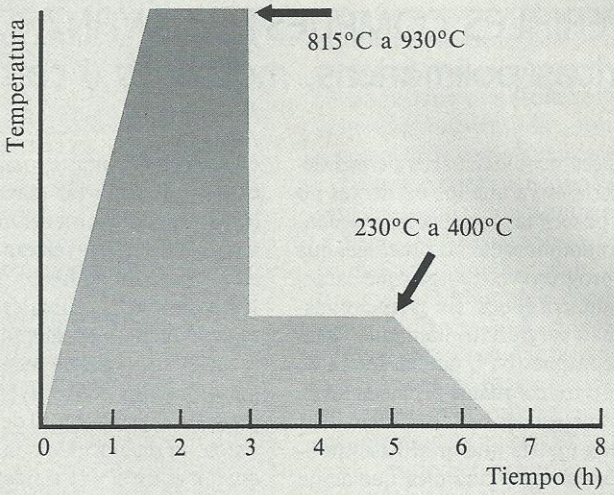
En la República Argentina, la mayor parte de las actividades en la materia se desarrolla en institutos dependientes de los siguientes organismos estatales: Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT), Instituto Nacional para la Tecnología Industrial (INTI), Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y algunas de las Universidades Nacionales. La Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación promueve un Programa Nacional de apoyo en Ciencia y Tecnología de Materiales (PROMAT), con subprogramas dedicados a materiales metálicos, no metálicos y compuestos.

Nos circunscribimos aquí a las actividades que sobre nuevos materiales se realizan en el ámbito del Instituto en Ciencia y Tecnología de los Materiales (INTEMA) perteneciente a la Universidad Nacional de Mar del Plata y al CONICET. Este instituto está integrado por especialistas en distintas disciplinas tradicionalmente ligadas al estudio de los materiales que aúnan sus esfuerzos con la intención de hacer de la Ciencia e Ingeniería de Materiales una disciplina independiente.

Si bien gran parte de la actividad del INTEMA se dirige hacia los materiales tradicionales, muchos investigadores, conscientes de la importancia que tienen los nuevos materiales en el camino del desarrollo, han decidido ocuparse de ellos cada vez con mayor intensidad. Nos referiremos en este artículo a la actividad que se realiza en torno a los nuevos materiales metálicos, a los cerámicos que se utilizan en aplicaciones no tradicionales y a los materiales plásticos.

La fundición de hierro es conocida por el hombre desde tiempos muy remotos. Actualmente, a pesar de la aparición de los nuevos materiales y de la amplia difusión adquirida por las aleaciones y aceros especiales, la fundición se emplea cada vez más y en aplicaciones antes insospechadas. La razón de este crecimiento sostenido puede encontrarse en la gran cantidad de trabajos de investigación y desarrollo tecnológico que se realizan en el campo de la fundición de hierro, muy especialmente luego del avance tecnológico que ha provocado el descubrimiento y posterior empleo industrial de la fundición con grafito esferoidal conocida como fundición dúctil (véa-

FUNDICIONES ESFEROIDALES



Materiales estructurales convencionales, las fundiciones constituyen una familia de aleaciones ferrosas que contienen entre el 2% y el 4% de carbón y entre el 1% y el 3% de silicio en peso. Son particularmente conocidas las fundiciones blanca y gris.

Estas aleaciones poseen con respecto a los aceros una interesante ventaja tecnológica consistente en que pueden ser "coladas" en moldes con la forma del producto final sin que exista ninguna necesidad de ejercer sobre ellas un trabajo posterior.

La fundición nodular dúctil —conocida también como "nodular" o "con grafito esferoidal"— combina las ventajas de procesamiento de la fundición gris con ciertas propiedades del acero sumamente útiles en ingeniería: tiene excelente fluidez en el estado fundido, se la puede trabajar con facilidad, es resistente a la abrasión y a la vez posee alta tenacidad, resistencia, ductilidad, aptitud para ser trabajada en caliente y para ser endurecida.

Las propiedades excepcionales de la fundición esferoidal se deben a que todo el grafito presente se encuentra en forma de esferas casi perfectas. En la fundición gris las láminas de grafito actúan como defectos que propagan grietas, hecho que reduce su resistencia y capacidad de alargamiento. En la fundición dúctil, en cambio, los esferoides frenan la propagación de las fisuras porque las zonas de la matriz dúctil que quedan entre los nódulos admiten deformación plástica sin que se produzca fractura.

Los nódulos esféricos se forman durante la solidificación del hierro fundido por disminución de los niveles de oxígeno y azufre (éstos interfieren en dicha formación) y agregando magnesio al metal fundido.

Existen varios tipos de fundiciones esferoidales (ferrítica, ferrítico-perlítica, martensítica y austenítica) que dependen de las características de la matriz que aloja núcleos de grafito. Recientemente se ha desarrollado la llamada fundición esferoidal austemplada o ADI que posee el doble de resistencia que los tipos estándares de fundición esferoidal y puede ser calificada como "nuevo material". Ofrece alta tenacidad y capacidad de alargamiento, también buena resistencia al desgaste y a la fatiga.

Las propiedades excepcionales de este material se logran mediante un tratamiento térmico severamente controlado que se denomina austemplado y que desarrolla una matriz con austenita retenida rica en carbono.

En la figura se indican las temperaturas en función del tiempo en un tratamiento típico para la obtención de ADI en dos etapas. La primera, llamada de austenización, se realiza entre los 815° C y 930° C y la segunda, isotérmica, entre los 230° C y 400° C.

La austenita retenida es estable aun a temperaturas muy bajas, pero si se la trabaja, endurece transformándose localmente en martensita. De esta manera se logra el endurecimiento de la superficie de la pieza que puede ser utilizada, entonces, bajo determinados esfuerzos de carga.

se "Fundiciones esferoidales").

Durante la última década, las investigaciones realizadas en el campo de las fundiciones esferoidales tratadas térmicamente (o ADI, de *austempered ductile iron*) han probado que estos nuevos materiales, resistentes y dúctiles, pueden reemplazar a aceros especiales, cuyo costo, comparado con el de las fundiciones, es elevadísimo y, por lo tanto, particularmente gravoso para los países en vías de desarrollo.

Muchos son los países y empresas internacionales que no ahorran esfuerzos para desarrollar estas fundiciones; en la Argentina han despertado el interés de varias industrias y en particular el del grupo de metalurgia del INTEMA, que ha abierto una línea de trabajo cuyos resultados ya pueden apreciarse. Recientemente se ha suscripto un convenio con una mediana empresa fundidora para el desarrollo de fundiciones esferoidales que serán utilizadas en la fabricación de piezas austemperizadas con las que se intentará sustituir aceros especiales y, en consecuencia, insumos importados.

La soldadura, uno de los medios más usados para unir metales, se basa en la utilización de una fuente de calor muy intensa y localizada que produce la fusión de los materiales logrando de esta manera su unión. Un grupo de INTEMA se dedica al estudio de las uniones soldadas, más específicamente a la aplicación de la teoría conocida como mecánica de fractura que evalúa el comportamiento de dichas uniones, analizando la incidencia de sus defectos sobre el comportamiento en servicio bajo diferentes condiciones de solicitación. Se han desarrollado procedimientos experimentales a fin de reproducir de manera controlada fenómenos determinantes de las propiedades fractomecánicas de las uniones y técnicas que posibilitan el estudio de la propagación estable o inestable de las fisuras; se utilizan también modelos matemáticos basados en la teoría de "elementos finitos" que permiten determinar las tensiones residuales y las deformaciones en las uniones soldadas.

En el ámbito del INTEMA se ha creado un grupo cuyo objetivo es el diseño y preparación de materiales cerámicos avanzados para ser utilizados en aplicaciones no tradicionales, área casi desconocida en nuestro país.

Debido a que los materiales compuestos con matrices poliméricas no son resistentes a altas temperaturas, se han desarrollado los compuestos de base cerámica que poseen buenas propiedades mecánicas y resistencia a la oxidación aun a altas temperaturas. Los principales sistemas utilizados son Al_2O_3/SiC, SiC/SiC, SiO_2/SiC, $Al_2O_3/$

Al_2O_3 y Si_3N_4/SiC, donde el primer componente de cada par corresponde a la matriz y el segundo a las fibras. Estas fibras se denominan comúnmente "whiskers"; las propiedades de los compuestos dependerán de su distribución, orientación, cantidad, forma y tamaño, y de las características de la interfaz whisker-matriz. Han sido propuestos varios modelos con el fin de interpretar la acción de refuerzo que ejercen los whiskers en situaciones que incluyen, por ejemplo, deflexión, microfisuras y formación de puentes.

Un hecho clave en el mejoramiento de las propiedades de los cerámicos consiste en la preparación de materiales con partículas muy pequeñas (del orden de 1000 Å; 1 Ångstrom = 1/10.000.000 mm) conocidos como cerámicos finos (véanse la figura 3 y "Nuevos metales y cerámicos finos"). Para obtener estos materiales se utiliza una técnica química basada en la eliminación del solvente. Esta técnica, denominada sol-gel, permite la preparación de polvos finos de óxido de zirconio y titanato de bario. El mismo grupo de investigadores se dedica al estudio de los fenómenos químicos en los bordes de grano de cerámicos utilizados en electrónica. Se estudian, particularmente, varistores en base a óxido de zinc, ZnO, resistores con coeficiente de temperatura positivo (PTC) y compuestos superconductores de tipo $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ asociados con plata; en los tres casos, las propiedades físicas de los materiales cerámicos están determinadas por el número de granos y la naturaleza química de sus bordes.

Los varistores cerámicos son dispositivos que presentan curvas de voltaje vs. corrien-

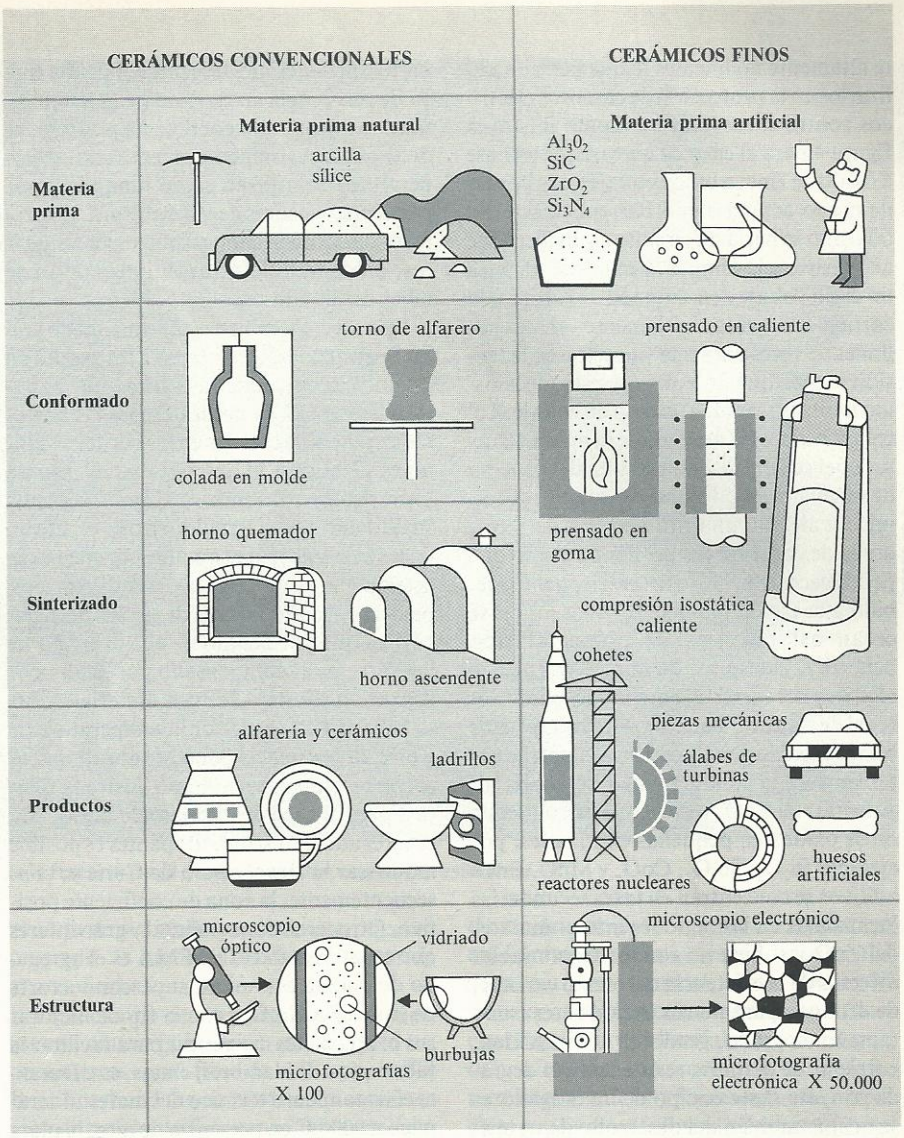


Fig. 3. Comparación entre cerámicos tradicionales y finos.

NUEVOS METALES Y CERÁMICOS FINOS

Polímeros y materiales compuestos suelen reemplazar en la actualidad a los metales tradicionales con la intención de reducir el peso de las estructuras. Sin embargo los "nuevos metales", gracias a sus excelentes propiedades de resistencia, maleabilidad y conductividad eléctrica encuentran aplicaciones en muchos campos de la ingeniería avanzada:

- Las aleaciones de cristal fino y monocristal, que pueden ser sometidas a condiciones ambientales extremas, se emplean en aviones y equipos espaciales. Las aleaciones superplásticas de aluminio, que admiten grandes deformaciones, se utilizan también en la construcción de naves aéreas.
- Las superaleaciones de base níquel resisten muy altas temperaturas y encuentran aplicación en los álabes de turbinas.
- Los superconductores calóricos de niobio titanio, niobio-3 estaño y vanadio-3 galio se utilizan en los reactores nucleares de fusión.
- Las aleaciones de níquel-titanio y cobre-zinc, capaces de retener su forma inicial a distintas temperaturas, se emplean en junturas y músculos artificiales.

Los cerámicos convencionales —materiales de alfarería, refractarios, cemento y vidrio—, que se obtienen a partir de materias primas tales como silicatos calcinados, son difíciles de trabajar a causa de su dureza y fragilidad. Los nuevos cerámicos, fabricados a partir de polvos sintéticos finos mediante técnicas de precisión para control de microestructuras, parecen estar destinados a superar estas dificultades.

Los cerámicos finos se dividen en óxidos (alúmina, zirconia, magnesia, thorio, uranio y compuestos de titanio y bario) y no óxidos (carburo de silicio, nitruro de silicio y carburo de zirconio). Por otra parte, según sus características y funciones se clasifican en electrocerámicos (aisladores, piezoeléctricos, semiconductores y materiales magnéticos), cerámicos de ingeniería (aislantes térmicos, catalizadores y materiales caracterizados por su resistencia a la temperatura, su gran durabilidad o su capacidad para transmitir la luz) y bioorgánicos (materiales biocompatibles utilizados en prótesis óseas).

te altamente no lineales lo que permite utilizarlos en la protección de circuitos eléctricos contra sobrevoltajes. Como ilustra la figura 4 para el caso de un varistor en base a óxido de zinc, a bajos voltajes, los bordes de grano actúan como barreras aislantes, tal como lo haría un circuito equivalente de alta resistencia óhmica. Cuando se alcanza un dado voltaje denominado de ruptura, la corriente aumenta rápidamente —hasta millones de veces para una variación en la tensión menor que un volt—, y este mecanismo limita un eventual exceso de voltaje. Tal comportamiento depende de la microestructura del cerámico y ésta resulta del proceso de su separación: durante el tratamiento térmico se alcanza una alta densidad de portadores de carga en los bordes de grano que permanecen allí, luego del enfriamiento, debido a la escasa movilidad de los iones; se crean así barreras de potencial tipo Schottky, causantes de la alta resistencia eléctrica del material para voltajes inferiores al de ruptura; superado este voltaje, esas barreras ceden permitiendo que aumente notablemente la conductividad del material. Además del ZnO, los varistores contienen otros óxidos en pequeñas cantidades, por ejemplo Bi_2O_3, Sb_2O_3, CoO, y MnO. Estos aditivos se concentran en fases secundarias localizadas en las regiones intergranulares del ZnO y si bien no son los responsables directos de la existencia del efecto varistor, determinan parámetros importantes como tamaño de grano, grado de no linealidad, corriente de pérdida, resistencia a la degradación, etc. Este equipo de investigadores se ocupa también del desarrollo de termistores cerámicos.

Los termistores PTC en base a óxido de bario son materiales que presentan una curva de resistencia en función de la temperatura no lineal y con coeficiente positivo, es decir que la resistencia aumenta con la temperatura. Se utilizan como limitadores de corriente, sensores de temperatura, protectores de equipos contra sobrecalentamientos, unidades calefactoras, indicadores de nivel de líquido, etc.

Este efecto también está relacionado con los fenómenos que ocurren en los bordes de grano. En estos materiales (titanatos de bario y estroncio) la naturaleza de las barreras de potencial creadas en los bordes de grano es idéntica a la descripta en el caso de los varistores. Sin embargo, dado que estos materiales son ferroeléctricos, el efecto de las barreras sólo es notable por encima de la temperatura de Curie (a partir de esta temperatura el material deja de ser ferroeléctrico), ya que por debajo de ella el efecto de las barreras es compensado por la alta polarización eléctrica de estos materiales. Esto hace que alrededor de la temperatura de Curie, la resistencia aumente abruptamente con la temperatura, como ilustra la figura 5 para el caso del titanato de bario; con el agregado de distintos dopantes es posible modificar la temperatura de Curie y, consecuentemente, la zona de coeficiente positivo. Otro tema de actualidad y gran interés que se estudia en el INTEMA es el agregado de plata a cerámicos superconductores de tipo $YBa_2Cu_3O_{7-x}$ con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas para facilitar la fabricación de alambres, cintas, etc. Durante el tratamiento térmico del material cerámico a 900° C en presencia de aire, la plata tiene la particularidad de transferirle oxígeno. Por el contrario, otros metales, en las mismas circunstancias, toman el oxígeno del cerámico haciéndole perder su carácter superconductor.

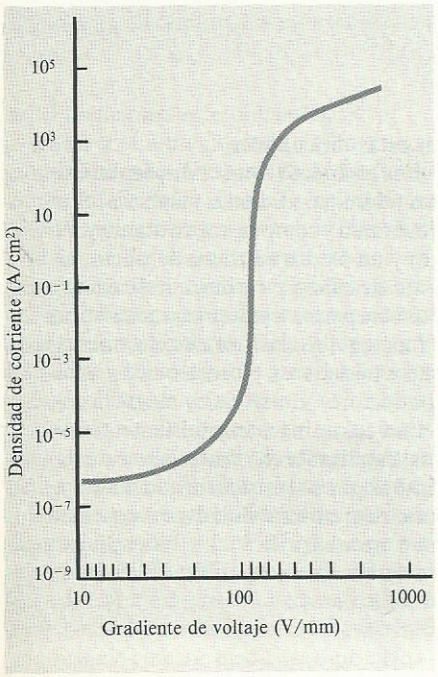


Fig. 4. Corriente *vs* voltaje en un varistor.

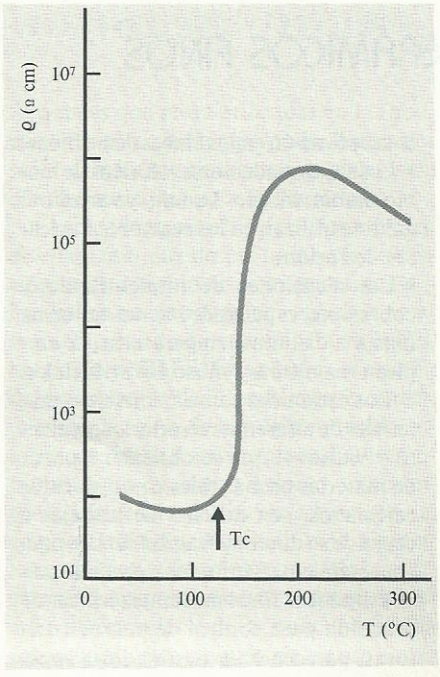


Fig. 5. Resistencia *vs* temperatura en un termistor.

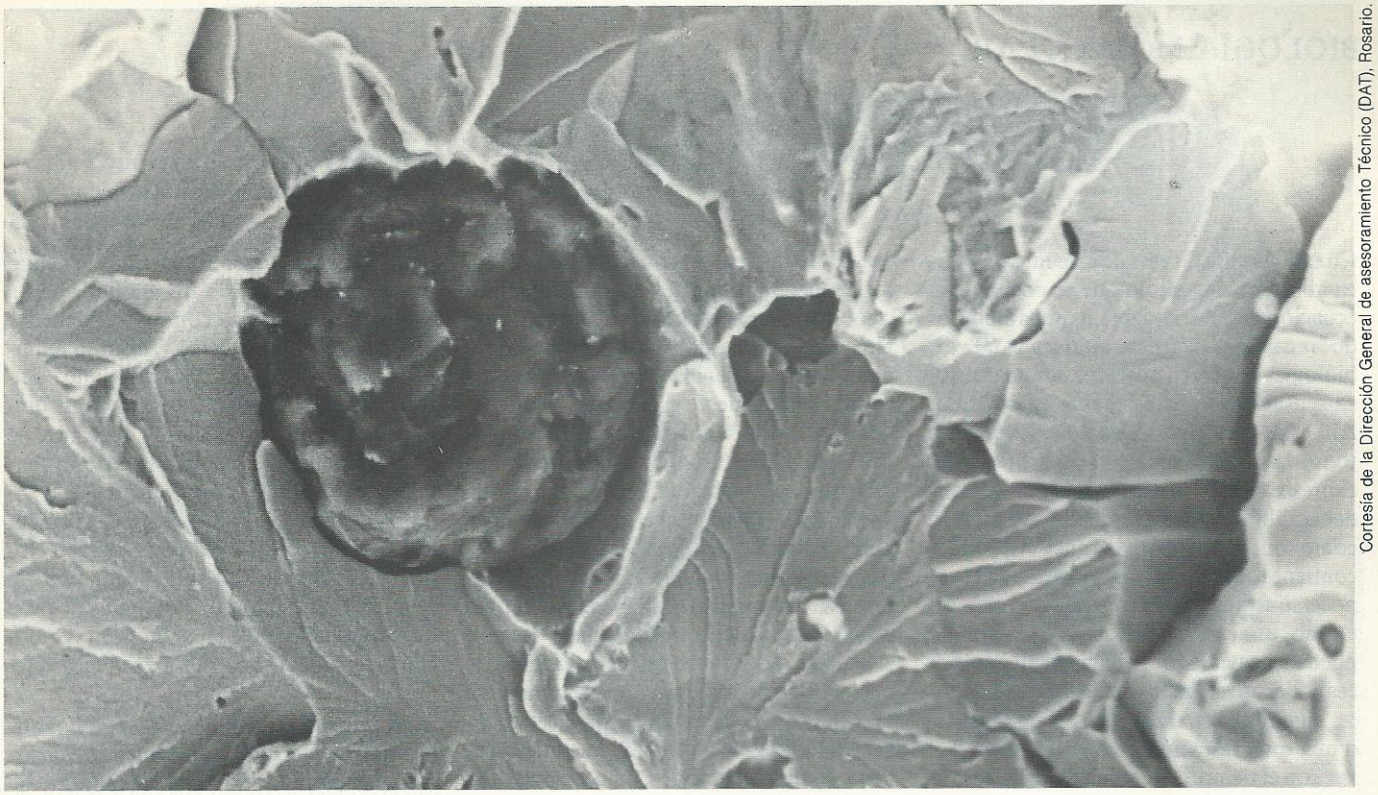
Los materiales plásticos, conocidos en la literatura específica como materiales poliméricos o macromoleculares, están constituidos por unidades estructurales (monómeros) que, ligadas entre sí mediante uniones químicas por lo general de tipo covalente, conforman las macromoléculas. Pueden ser de origen natural como el algodón, la lana, la seda y la madera, o sintéticos como el polietileno, el nylon y las resinas epoxi. Si bien los polímeros naturales se conocen desde tiempos muy remotos, la Ciencia de los Polímeros se constituyó hace tan sólo unos cuarenta años, cuando fue posible establecer la relación existente entre las propiedades de un material y su estructura molecular, hecho que se tradujo en un uso mejor y mucho más racional de estos materiales.

El uso de los materiales plásticos en aplicaciones propias de la ingeniería es cada vez más frecuente. Esto se debe, en gran medida, a la aparición de los plásticos tenaces que compiten con los materiales tradicionales gracias a sus excelentes propiedades específicas (menor peso para cumplir idénticas funciones).

Los plásticos han perdido su antigua reputación de materiales de poca calidad y baratos ya que en nuestros días tienen excelentes propiedades y son, en general, bastante costosos. Como materiales funcionales resultan imprescindibles en el campo de la electricidad y la electrónica. Cabe señalar la reciente aparición de polímeros conductores, hecho que puede causar cierto asombro pues son muy conocidas las propiedades aislantes de los plásticos.

El grupo que investiga polímeros en INTEMA se ocupa desde hace ya varios años del estudio de las resinas epoxi modificadas con elastómero. Estos materiales están constituidos por una matriz continua termorrígida epoxídica (de alta temperatura de transición vítrea y alto módulo de rigidez) a la que se agrega una fase dispersa elastomérica que induce en la matriz mecanismos de deformación capaces de aumentar la resistencia a sufrir fracturas del material con una degradación mínima de las otras propiedades. Se ha estudiado la influencia de la formulación y la temperatura de polimerización en la morfología y las propiedades finales del material. Los resultados han sido interpretados con modelos de separación de fases que tienen en cuenta aspectos termodinámicos y estadísticos.

Las novolacas epoxidadas son muy importantes a causa de sus aplicaciones en microelectrónica; forman parte de los materiales compuestos con fibra de carbono y



Cortesía de la Dirección General de asesoramiento Técnico (DAT), Rosario.

Micrografía de una superficie de fractura. Se muestra la fractura frágil de una fundición con grafito esferoidal.

de los preimpregnados ("prepregs") epoxi-fibra de vidrio utilizados en los circuitos impresos, a los que confieren buena estabilidad dimensional que permite obtener productos planos adecuados para la fijación superficial de porta-chips y otros elementos.

Estas resinas, que tienen un mercado mundial importante, se producen en el país a partir de epiclorhidrina y según procesos que se estudian en el INTEMA. Se investigan también las reacciones de polimerización que permiten obtener matrices de muy alta temperatura de transición vítrea.

Si se incluyen fotoiniciadores en la formulación de las resinas epoxi que se utilizan en las fotorresistencias, resulta posible curar (es decir, endurecer) localmente dichas resinas mediante una reacción química inducida por luz ultravioleta. No sólo se ahorra así energía, sino que se evitan los problemas de contaminación ambiental generados por la evaporación de solventes que deben ser empleados en técnicas alternativas. En esta línea de trabajo, el INTEMA ha desarrollado fotoiniciadores que expuestos a la luz ultravioleta permiten una muy rápida polimerización sin emisión de subproductos gaseosos.

En el campo de la aislación térmica edilicia, paneles divisorios, cámaras frigoríficas, etc., los materiales de mayor difusión son las espumas de poliuretano y poliestireno. El INTEMA, en virtud de un convenio realizado con una importante industria, ha desarrollado espumas fenólicas que tienen la ventaja de ser ignífugas, vale decir que no propagan la llama ni producen humos de alta toxicidad.

En el campo de los materiales compuestos con matriz polimérica, por ejemplo los compuestos epoxi-fibra de vidrio y epoxi-fibra de carbono tan de moda en la construcción de barcos, helicópteros, tablas de surf, etc., se ha comenzado a trabajar en resinas epoxi cargadas con esferas de vidrio. La presencia de cargas del tipo "partículas" en una matriz epoxídica detiene la propagación de las fisuras. En el material hay tres regiones: la matriz, la carga y la correspondiente interfaz. Mediante el empleo de técnicas analíticas y ensayos de mecánica de fractura es posible estudiar las propiedades finales de las resinas epoxi reforzadas. Para ello es necesario considerar la fracción volumétrica de carga, la distribución de tamaños de partícula, el módulo y la resistencia de la carga, la tenacidad de la matriz y la adhesión entre la carga y la matriz.

Esta reseña sobre las actividades de investigación y desarrollo que se realizan en un instituto argentino acerca de los "Materiales Avanzados" intenta poner de manifiesto el importante esfuerzo realizado por investigadores y tecnólogos argentinos para mantener abiertas líneas de trabajo en áreas que en las últimas décadas han conmovido la estructura económica y aun social del mundo.

Nuevos materiales o nuevas combinaciones capaces de sustituir los materiales tradicionales o de proporcionar características antes inimaginables aparecen cada día. Resulta, entonces, esencial, contar con profesionales acabadamente formados en "Ciencia e Ingeniería de Materiales" para que puedan afrontar con solvencia el desafío tecnológico que hoy representa esta actividad, cuyo carácter interdisciplinario exige muy particulares modalidades de trabajo.

Como respuesta a este imperativo, en la Facultad de Ingeniería de Mar del Plata se creó, en 1983, un Departamento de Posgrado donde se cursan las carreras de Magister y Doctorado en Ciencia de Materiales, cuyos alumnos poseen grado en Ingeniería, Química, Física y Matemática y cuyos profesores desarrollan actividades de investigación en INTEMA y en otros institutos del país. En ese mismo ámbito, se ha creado recientemente, en 1989, la carrera de grado en Ingeniería de Materiales, única en el país. ⊙

LECTURAS SUGERIDAS

"Materials Technology and Development", 1988, *ATAS Bulletin*, United Nations, New York.

"Materiales para el Desarrollo", diciembre 1986, N° especial de *Investigación y Ciencia*, N° 123.

WESTWOOD, A. R. C., enero 1988, "Materials for Advanced Structures and Devices", *ASM News*.

es el título de la primera sección de un trabajo publicado en 1983 por S. Yomosa de la Universidad de Nagoya, Japón***, en el que se explica la desnaturalización local del ADN como un fenómeno tipo solitón (peculiar solución de un problema no lineal que se manifiesta como una onda de forma especial que mantiene sus características mientras se propaga, en este caso, a lo largo de la molécula del ADN).

El hamiltoniano al que hacen referencia estos trabajos no es el operador de la mecánica cuántica citado al comienzo de este comentario, sino su equivalente clásico, la función de Hamilton. Tanto uno como el otro representan la energía total del sistema. En el caso clásico, el hamiltoniano es una función de las variables que describen el estado del sistema que nos permitirá conocer con toda certeza la historia pasada y futura del objeto en estudio por medio de las ecuaciones de movimiento. La mecánica clásica nos brinda la oportunidad —falsa según la mecánica cuántica— de estudiar un objeto desde afuera, "sin tocarlo". En consecuencia, todo sería una perfecta máquina totalmente predecible. El hamiltoniano cuántico representa un instrumento de medición, representa, en definitiva, al observador que según el propio canon cuántico perturba necesariamente el sistema observado. La función de onda, solución de la ecuación de Schrödinger, contiene toda la información que pueda conocerse sobre el sistema, pero ésta se limita a meras probabilidades. La mecánica cuántica rompe la rigidez mecanicista e introduce una incertidumbre intrínseca.

¿Las bases físicas de la vida y de la inteligencia constituyen fenómenos cuánticos o clásicos? Posiblemente haya de los unos y de los otros. ¿Existirá alguno fundamental y clave que sea cuántico? ¿El azar de *El azar y la necesidad* —motores de la vida según Jacques Monod— es, en el fondo, simplemente el de la mecánica estadística clásica o el esencial de la mecánica cuántica? Cuando se trata de la vida y de nosotros probablemente haya quienes, con criterios poco científicos, piensen que sería más noble la segunda opción frente al azar de "menor alcurnia" brindado por las simples leyes de los grandes números.

Por ahora los científicos, en los comienzos de un tiempo en el que se pretende calcular los mecanismos básicos de la vida, se conforman con incipientes aproximaciones; optar por un cálculo cuántico o clásico puede sólo depender de razones coyunturales o instrumentales que permitan un avance, aunque sea modesto. El camino para dilucidar planteos fundamentales como los recién enunciados, seguramente transcurrirá sobre un tapiz de sencillos, necesarios, progresivos y tal vez halagadores cálculos. Es lo que parece sugerir Maddox en su *News and Views* cuando dice que aunque Peyrand y Bishop no han escalado el Everest, bien han hecho en escalar el Monte Hamilton (California, 1473 m), pues será más fácil así un posible futuro asalto a la cumbre más alta del mundo.

Ilustración: Fernando Sendra

* Maddox, J. (1989), *Nature*, vol. 339, pág. 577.
** Peyrand, M. y Bishop, A. R. (1989), *Physical Review Letters*, vol. 62, pág. 2755.
*** Yomosa, S. (1983), *Physical Review*, vol. A27, pág. 2170.

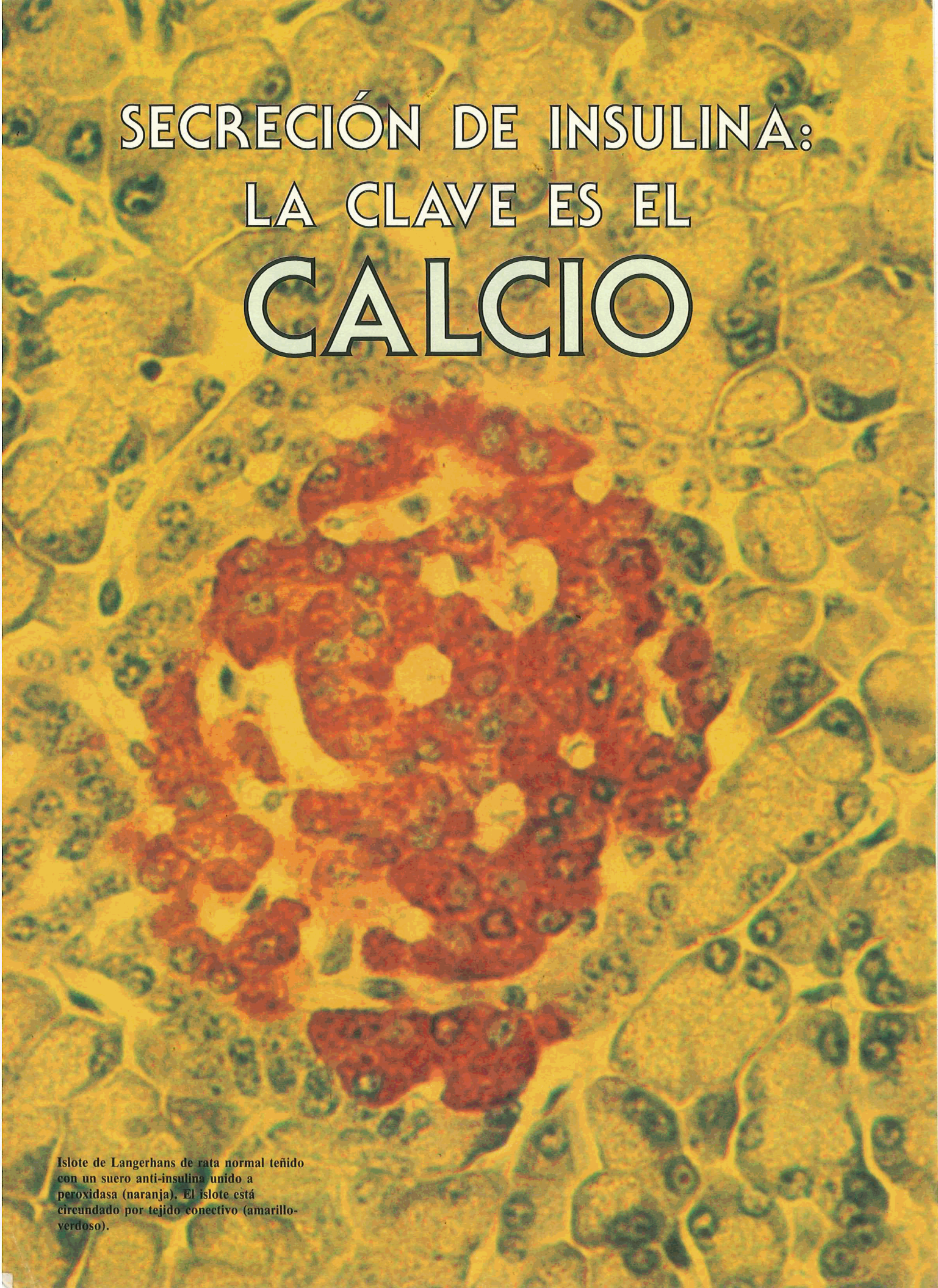
Jorge E. Testoni
Departamento de Física
Comisión Nacional de Energía Atómica - CONICET

CIENCIAHOY

a sus lectores

Ciencia Hoy es una revista para coleccionar.
Este número 6 completa su primer volumen.
Usted puede adquirir las tapas para encuadernarlo
en Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A, Buenos Aires.

SECRECIÓN DE INSULINA: LA CLAVE ES EL CALCIO



Islote de Langerhans de rata normal teñido con un suero anti-insulina unido a peroxidasa (naranja). El islote está circundado por tejido conectivo (amarillo-verdoso).

Nuestro organismo no sólo necesita de la insulina sino que exige un ajuste muy preciso de su síntesis y secreción. ¿Qué mecanismos intervienen para que este proceso ocurra de manera adecuada? Sensibles a ciertas señales extracelulares, las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas pueden aumentar o disminuir en consecuencia la secreción de la hormona. La concentración de glucosa en la sangre es, en el hombre, la señal principal. Recogidas por mensajeros intracelulares, por ejemplo el calcio iónico, estas señales se amplifican para poder cumplir su cometido. Seguiremos, entonces, su camino, así como el recorrido de la insulina desde su síntesis en el núcleo celular hasta su liberación final en el medio sanguíneo.

Juan J. Gagliardino, Claudio M. Gronda
Centro de Endocrinología Experimental y Aplicada, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de La Plata

Juan P. F. C. Rossi
Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Universidad de Buenos Aires

La insulina es una hormona polipeptídica que participa en la regulación del metabolismo de los hidratos de carbono, de los lípidos y de las proteínas estimulando su síntesis y su depósito. Es, por lo tanto, esencial para la vida. Cuando no actúa adecuadamente en el nivel celular, aparece una enfermedad crónica llamada diabetes mellitus que se caracteriza por una alteración global del organismo cuyas manifestaciones más evidentes son la elevación del nivel de glucosa en sangre (hiperglucemia) y la aparición de glucosa en la orina (glucosuria).

La diabetes siempre necesita de un tratamiento para evitar que surjan complicaciones crónicas graves. Dos son las formas clínicas principales de esta enfermedad: la dependiente de insulina, que requiere la administración permanente de la hormona para mantener la vida, y la no dependiente de insulina, que puede llegar a tratarse con una dieta, o, a menudo, con dieta asociada a la administración de hipoglucemiantes orales.

La necesidad vital de disponer de una cantidad adecuada de insulina y su importancia como factor regulador de los procesos metabólicos obligan a un ajuste preciso de su síntesis y de su secreción. Esto se logra mediante un sistema de retroalimentación entre el medio extracelular y las células productoras de insulina. Dicho sistema se esquematiza en la figura 1, en la cual se pone en evidencia que el aumento o disminución en la concentración extracelular de glucosa desencadena como respuesta la mayor o menor secreción de insulina que se encarga de corregir la desviación registrada.

Tanto el aumento como la disminución de la glucosa en la sangre tienen marcados efectos. Si la concentración de glucosa disminuye por debajo de cierto nivel, algunos órganos, tomemos como ejemplo el cerebro, sufren alteraciones ya agudas (pérdida del conocimiento), ya crónicas (atrofia cerebral); por el contrario, el aumento excesivo de dicha concentración produce pérdida de glucosa por vía renal y la glucosilación no enzimática de ciertas proteínas del organismo que ven así modificadas sus propiedades fisicoquímicas ya que se produce entrecruzamiento de proteínas vecinas, fenómeno que actualmente se relaciona con el envejecimiento de los tejidos. El exceso de glucosa es importante en la génesis de las complicaciones crónicas de la diabetes.

La insulina es producida en las células beta de los islotes de Langerhans del páncreas. Estas células aumentan o disminuyen la secreción de insulina de acuerdo con la detección de pequeños cambios en la concentración extracelular de distintas sustancias químicas (glucosa, amino-

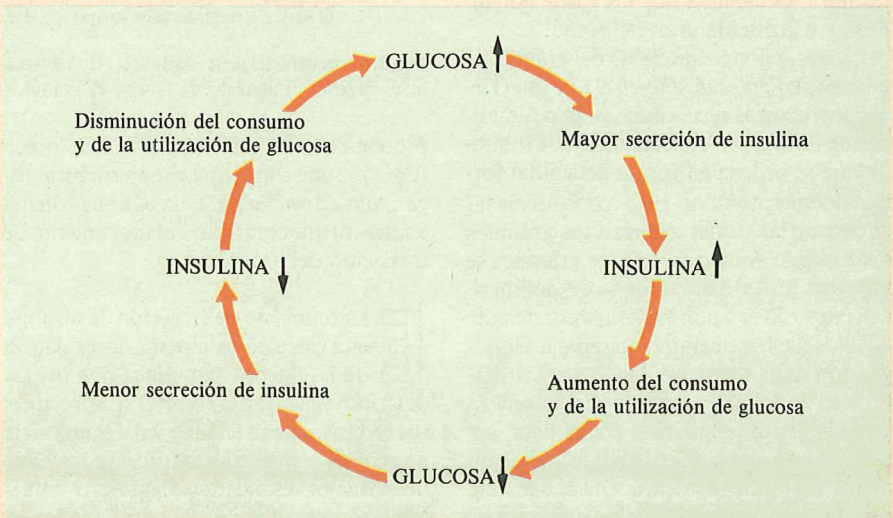


Fig. 1. Mecanismos de regulación de la concentración extracelular de glucosa.

Foto de los autores

Dibujos: Ricardo Arrúa

ácidos y ácidos grasos) y iones (calcio, potasio y sodio). Los cambios en la concentración de glucosa son, en el ser humano, la señal principal. En la figura 2 se muestra cómo un aumento brusco del nivel de glucosa en el medio extracelular produce una secreción bifásica de insulina: la primera fase es de comienzo inmediato pero de duración breve, la segunda es más lenta, pero se prolonga mientras dura el estímulo. Como veremos más adelante, ambas fases son reguladas de distinto modo; tienen, además, una función diferente en el nivel de las células de ciertos tejidos, particularmente en el hígado.

¿Cómo se produce la liberación de insulina? La figura 3 nos ilustra acerca de este proceso. La síntesis de la insulina, como la de cualquier proteína, se inicia en el núcleo de la célula (a) donde se activa el gen (constituido por ácido desoxirribonucleico, ADN) que codifica la composición de la proteína. El gen es copiado en una cadena de ácido ribonucleico mensajero (ARNm) que a su vez lleva la información al retículo endoplásmico rugoso (b). Éste es un organoide en forma de saco que presenta en su superficie cuerpos pequeños, los ribosomas, que le dan su apariencia rugosa característica. Los ribosomas se encargan del ensamblado preciso de los aminoácidos según el orden dictado desde el núcleo a través del ARNm. La hormona se sintetiza en forma de un precursor de mayor tamaño, la proinsulina, que es acumulada en el aparato de Golgi (c). En este organoide constituido por sacos aislados, la proinsulina se transforma en insulina. También en este sitio la hormona se agrega en forma de gránulos envueltos en una membrana (d), que luego se trasladan hasta la membrana plasmática de la célula (e). Allí, primero, ambas membranas se fusionan y, con posterioridad, el contenido del gránulo es expulsado hacia el espacio extracelular (f), donde la insulina, por fin libre, es captada por los vasos sanguíneos y distribuida al organismo.

La traslación intracelular del gránulo es un complejo mecanismo en el que intervienen estructuras resultantes de la polimerización de una proteína denominada tubulina que se ordena en forma helicoidal formando microtúbulos. Éstos constituyen las guías por las cuales avanzan los gránulos de insulina. A medida que los gránulos se mueven, los microtúbulos se despolimerizan para volver a polimerizarse por delante de ellos (se hace camino al andar). Un segundo componente celular, los microfilamentos de actina, que surcan como una fina red el citoplasma de la célula beta, actuaría como regulador final de la liberación de los gránulos. Éstos no son meramente pasivos, sino que participan del proceso porque poseen en su membrana, miosina, una

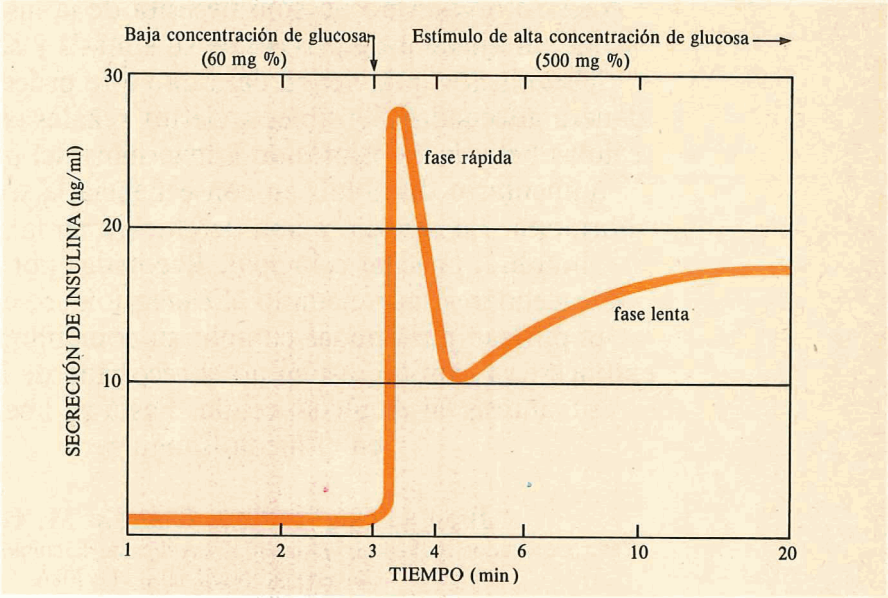


Fig. 2. Fases de la secreción de insulina. Islotes de Langerhans suspendidos en un medio que contenía glucosa equivalente a la concentración en sangre en ayunas fueron estimulados a los tres minutos con un brusco aumento de dicha concentración. Se midió la concentración de insulina (ng/ml = $= 10^{-9}$ g/ml) en función del tiempo.

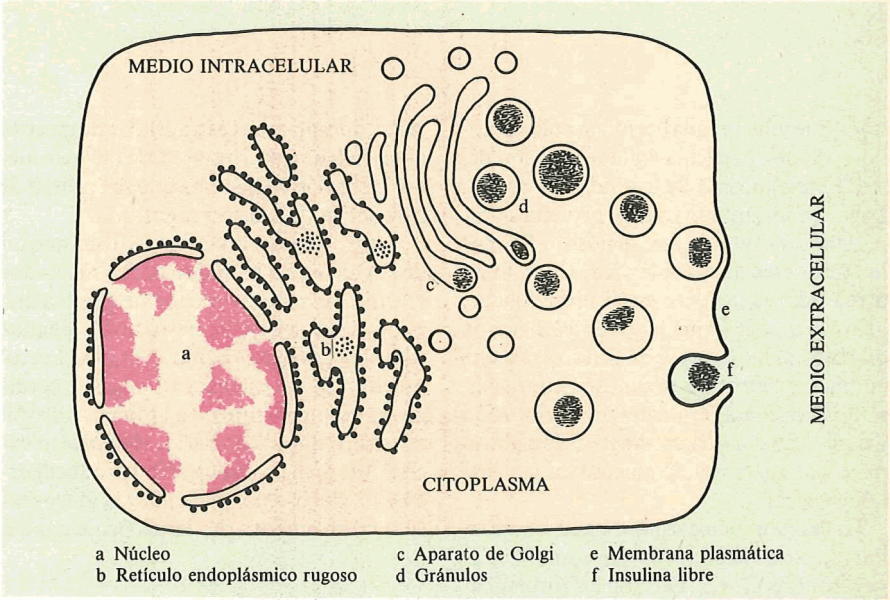


Fig. 3. Secuencia del proceso de secreción de insulina en la célula beta. a) núcleo, b) retículo endoplásmico rugoso, c) aparato de Golgi, d) gránulos, e) membrana plasmática, f) insulina libre.

proteína que en presencia de calcio iónico (Ca^{2+}) se une a la actina citoplasmática originando actomiosina. Ésta es una proteína contráctil que contribuye al movimiento de traslación del gránulo.

El mecanismo de secreción de insulina está vinculado al sistema de regulación de la glucosa sanguínea que hemos descripto y visto en la figura 1. Para ejercer sus efectos, este sistema se vale de una serie de señales o mensajes intracelulares. Nos ocuparemos aquí de los mensajeros intracelulares portadores de las mencionadas señales, y centraremos nuestra atención en uno de ellos, el Ca^{2+}, aunque también consideraremos otros que intervienen en la regulación de las concentraciones de este ión: nucleótidos cíclicos como el monofosfato cíclico de adenosina (AMPc), derivados lipídicos como el diacilglicerol y el inositoltrifosfato (IP_3). Con independencia de su origen, los mensajeros intracelulares utilizan un recurso común: la fosforilación de sustancias que son activadas e inactivadas mediante este proceso (véase "Activación por fosforilación").

Además de la membrana plasmática, que la separa del medio exterior, la célula beta, como la mayoría de las células del organis-

Activación por fosforilación

La actividad vital de los organismos implica una sorprendente variedad de reacciones químicas. Consideremos por ejemplo dos moléculas (llamadas en este caso reactivos), que se unen para formar una nueva molécula: el producto. Si los reactivos se encontraran sólo por azar, la reacción química tendría escasas probabilidades de suceder. Esto se reflejaría en función del tiempo como una reacción sumamente lenta. Por otra parte, muchas reacciones químicas sólo tienen lugar si disponen de una determinada cantidad de energía.

La primera de estas situaciones es superada gracias a la existencia de ciertas proteínas llamadas enzimas que aceleran enormemente la velocidad de reacción. Las enzimas o "catalizadores biológicos" no se consumen durante la reacción, lo cual permite que la célula las utilice tantas veces como le sea necesario. Las enzimas poseen un alto grado de especificidad para los reactivos intervinientes (sus sustratos) y, además, a diferencia de lo que ocurre con los catalizadores que se emplean en las reacciones químicas de laboratorio, eficiencia.

La segunda cuestión, la necesidad de disponer de una fuente de energía, es solucionada por moléculas que incluyen grupos fosfato, (PO_4^{3-} ó Ⓟ), capaces de acumular una considerable cantidad de energía asociada a la molécula a la cual pertenecen.

La más importante fuente de energía de las células es el trifosfato de adenosina (ATP), que tiene dos enlaces de alta energía capaz de ser transferida para permitir que las reacciones químicas tengan lugar. En tal caso el ATP se transforma en difosfato de adenosina (ADP), con un solo enlace de alta energía.

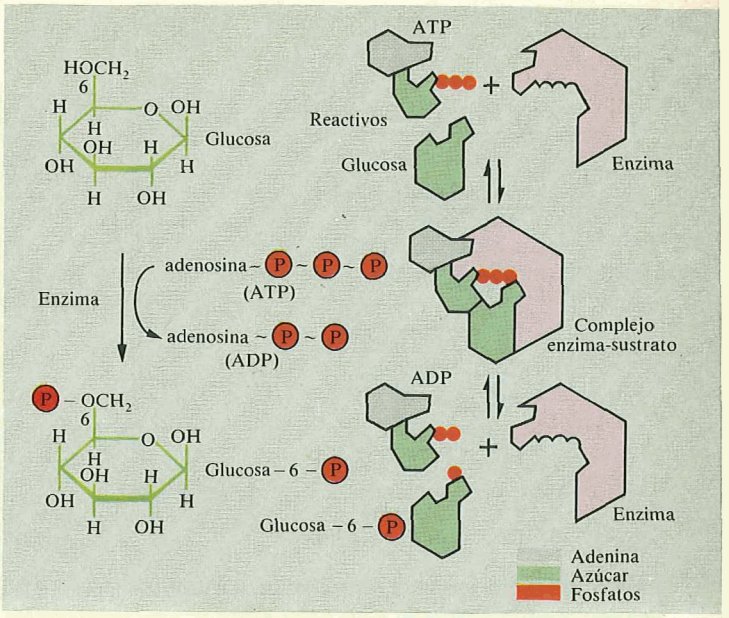
adenosina-P ~ P ~ P ⇌ adenosina-P ~ P + Ⓟ + energía

Por un proceso similar, en ciertas condiciones, el ADP puede transformarse en monofosfato de adenosina (AMP).

Los grupos fosfato de alta energía pueden ser transferidos en el proceso de fosforilación a moléculas receptoras (que resultan así activadas), a las que proveen de la energía necesaria para que se realicen los procesos vitales.

La figura ilustra los conceptos considerados (sustratos, enzimas, transferencia de energía y activación) en el caso de la fosforilación de la glucosa, que es activada e interviene disparando el proceso de secreción de insulina.

Algunas enzimas, las proteinquinasas, poseen la capacidad de activar por fosforilación otras enzimas. En este caso el aporte de energía para la reacción es suministrada por la hidrólisis de ATP.



ATP → ADP

Enzima inactiva ⇌ Enzima-Ⓟ (activa)

Quinasa activa

De manera análoga las fosfatasas invierten el proceso de activación mediante la desfosforilación.

Enzima-Ⓟ (activa) ⇌ Enzima (inactiva) + Ⓟ

Fosfatasa

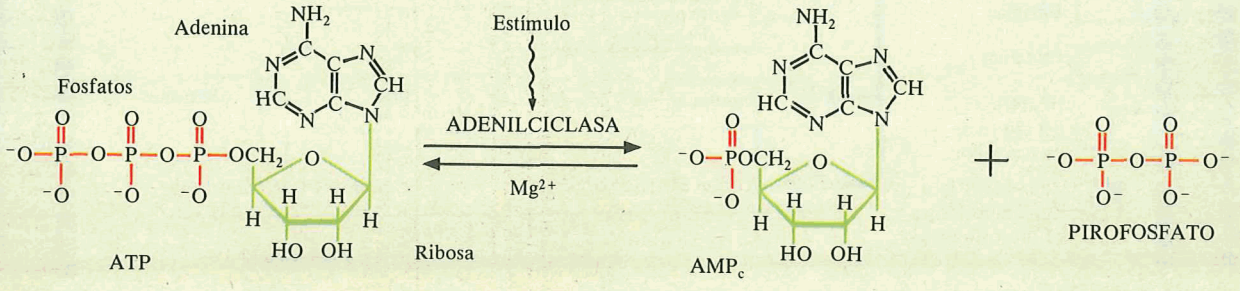
Algunas proteinquinasas son activadas por Ca^{2+} y diacilglicerol (por ejemplo la proteinquinasa-C), otras modifican los inositolfosfatos cuyos derivados pueden activar la Ca^{2+}-ATPasa (véase la figura 5).

Las proteinquinasas están constituidas por unidades reguladoras (R) y unidades catalíticas (C) que forman un dímero R_2C_2. La separación del regulador, que se une al monofosfato de adenosina cíclico, AMPc, activa la función catalítica de la enzima.

$$R_2C_2 + 4\ AMPc \rightleftharpoons R_2(AMPc)_4 + 2\ C$$

Quinasa inactiva — Quinasa activa

Recordemos como ejemplo final que otra enzima, la adenilciclasa, en presencia de iones magnesio (Mg^{2+}), cataliza la formación del AMPc a partir de ATP (que es aquí simultáneamente sustrato y fuente de energía).



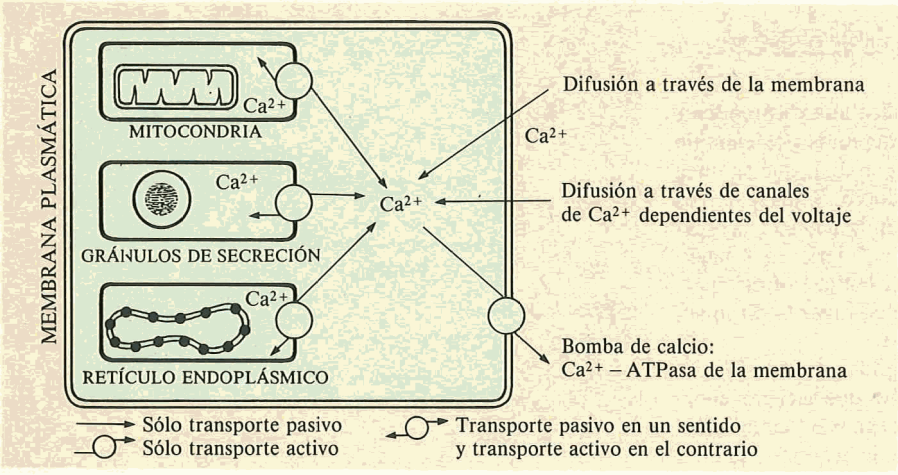


Fig. 4. Diferentes mecanismos de movilización de calcio iónico en la célula beta.

mo, posee membranas que la subdividen en diversos compartimientos. Como puede apreciarse en la figura 4, estas membranas tienen mecanismos de transporte activo que determinan que la concentración de los elementos en los distintos compartimientos o en el interior celular con respecto al exterior no sea uniforme, por ejemplo, la concentración de Ca^{2+} del citoplasma es 10.000 veces menor que la del medio extracelular. Ciertos organoides intracelulares como el retículo endoplásmico y las mitocondrias, así como también los propios gránulos de secreción de insulina, tienen la capacidad de acumular pequeñas cantidades de Ca^{2+}, por lo que constituyen reservorios intracelulares del mismo. Los cambios en la concentración de Ca^{2+} son fac-

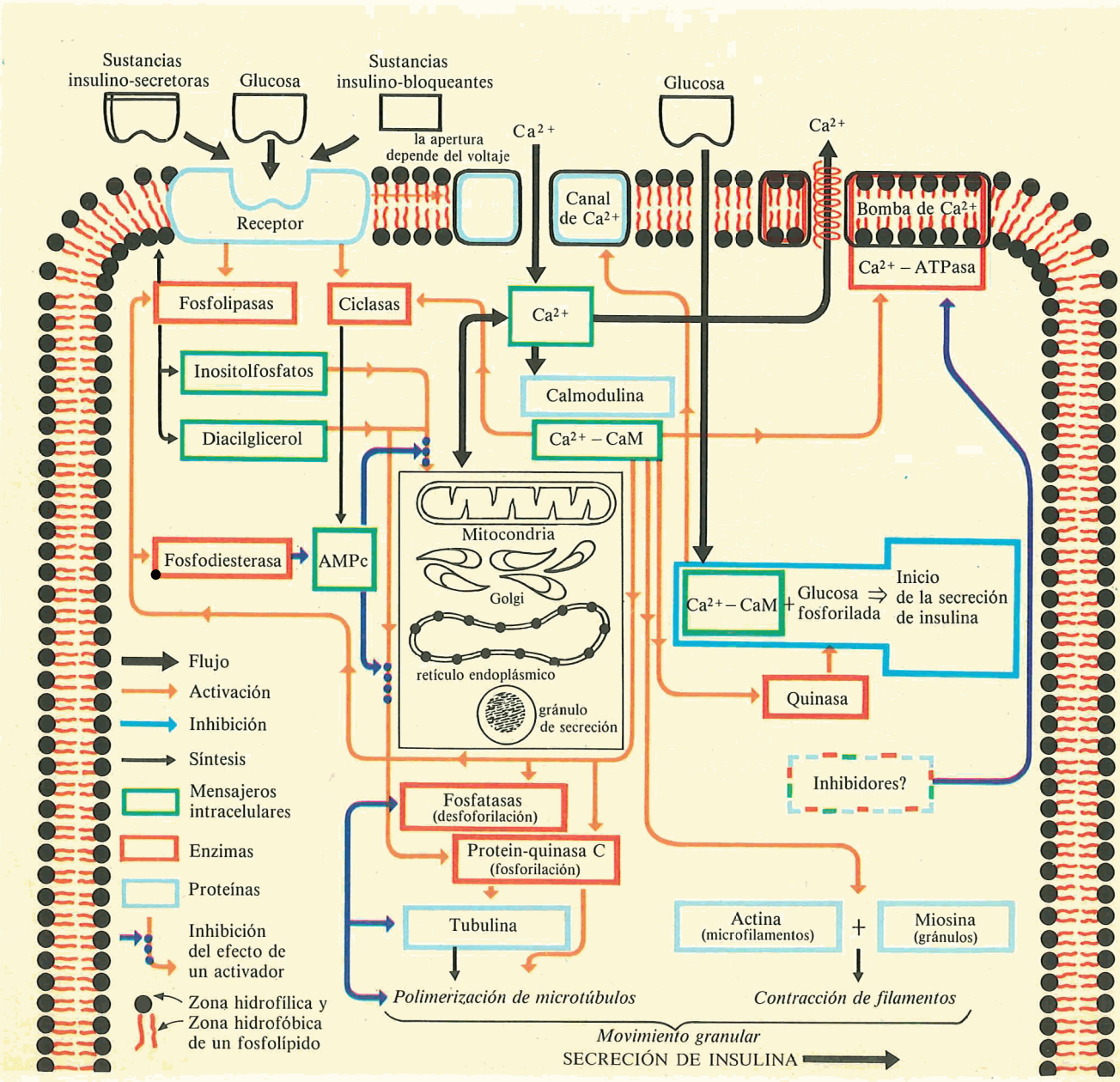


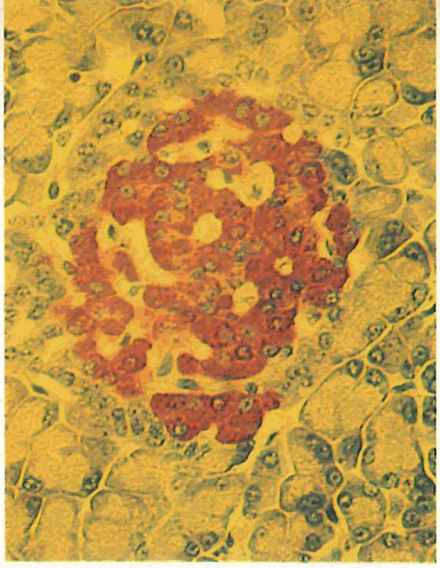
Fig. 5. Acción de los mensajeros intracelulares en la secreción de insulina. Los factores que intervienen están estrechamente interrelacionados.

tores de primordial importancia en el mecanismo de secreción de insulina. Distintos estímulos provocan ligeras variaciones en la concentración de Ca^{2+} del citoplasma, las cuales son rápidamente detectadas y sirven como señal para que se desencadene o inhiba la secreción de la hormona. Describiremos, entonces, las diferentes situaciones que se suscitan; éstas se esquematizan en la figura 5.

La membrana plasmática está compuesta por una doble capa de fosfolípidos, sustancias que poseen una zona hidrofílica y otra hidrofóbica. Esta característica convierte a los fosfolípidos en elementos ideales para constituirse espontáneamente en membranas cerradas ya que se asocian entre sí de manera tal que su porción hidrofílica se expone al medio acuoso interno y externo y la hidrofóbica queda oculta en el interior de la membrana. En esta estructura se insertan proteínas que desempeñan funciones tan diversas como actividad enzimática, reconocimiento de sustancias (receptores) e intercambio iónico (canales).

Ante la glucosa, la membrana plasmática se comporta de dos maneras: la deja pasar libremente, y registra su presencia mediante receptores superficiales. En este último caso resulta interesante ver cómo los estímulos pueden producir respuestas celulares poniéndose en contacto con la membrana plasmática sin necesidad de ingresar al interior celular. Ello se debe a que la interacción del estímulo con la membrana es capaz de generar cambios fisicoquímicos o productos que actúan como señales o mensajeros intracelulares. Éstos desencadenan una serie de reacciones interrelacionadas que amplifican la magnitud de la señal inicial sin que ello implique un mayor gasto de energía para la célula. Este proceso de amplificación suele denominarse "en cascada", expresión que propone una imagen visual de la propagación de la señal.

Veamos ahora cuáles son los mecanismos que permiten a la glucosa modificar la concentración de Ca^{2+} en el citoplasma. La glucosa difunde libremente a través de la membrana de las células beta, en consecuencia cualquier aumento en su concentración extracelular ocasiona un aumento proporcional intracelular. La glucosa incorporada se asocia rápidamente a moléculas de fosfato (es fosforilada), hecho que inicia la secreción de insulina, pero sólo si simultáneamente se incrementa la concentración citoplasmática de Ca^{2+}. Éste entra a la célula por diversos mecanismos, uno de los cuales involucra la intervención de ciertas proteínas de la membrana plasmática que tienen la capacidad de dejarlo pasar en forma selectiva formando canales que, en general, responden a variaciones de voltaje. En ausencia de estímulos, estos canales se encuentran cerrados; cuando se fosforila la glucosa en la célula, se produce la señal de apertura de los mismos facilitando el ingreso de Ca^{2+}.



Islote de Langerhans de rata normal.

La salida de Ca^{2+} también participa en la regulación de su concentración intracelular. Este control se ejercería mediante la llamada bomba de Ca^{2+} ubicada en la membrana plasmática. Este sistema está constituido por la enzima Ca^{2+}-ATPasa, así denominada por utilizar trifosfato de adenosina (ATP) como fuente de energía para transportar el Ca^{2+} del interior al exterior celular en contra del gradiente de concentración.

Recientemente hemos demostrado que la glucosa y otros agentes estimuladores de la secreción de insulina inhiben de manera rápida y transitoria la actividad de la enzima ATPasa, mientras que, por el contrario, existen agentes inhibidores que la incrementan. Es decir que la modificación de la actividad de la enzima Ca^{2+}-ATPasa permite controlar la concentración de Ca^{2+}, hecho que a la vez modula la secreción de insulina. También contribuyen al control de dicha secreción los nucleótidos cíclicos como el monofosfato cíclico de adenosina (AMPc) que participa en el ingreso de Ca^{2+} a las mitocondrias. A la vez, el Ca^{2+} regula la concentración de AMPc activando a la enzima ciclasa que lo genera (adenilato ciclasa) y a la que lo inactiva (fosfodiestearasa).

En la movilización del Ca^{2+} de los reservorios intracelulares a la que ya nos hemos referido intervienen los derivados lipídicos (por ejemplo el diacilglicerol), productos de la acción de lipasas específicas y el ciclo de los fosfoinositidos (inositoltrifosfato y sus derivados).

En la actualidad se piensa que la liberación de Ca^{2+} proveniente de los organoides intervendría en la fase rápida de secreción de insulina, mientras que la fase lenta y prolongada, que es la que produce mayor cantidad de hormona, dependería de la participación del Ca^{2+} extracelular.

Por lo general, el Ca^{2+} intracelular se une a una proteína, la calmodulina, que se caracteriza por poseer cuatro sitios a los que se puede fijar. Esta unión da lugar al complejo Ca^{2+}-calmodulina (Ca^{2+}-CaM) que participa en la regulación de la actividad de numerosas enzimas entre las que se cuentan la Ca^{2+}-ATPasa, las que intervienen en el proceso contráctil que involucra a la actina y a la miosina y la proteinquinasa. Entre las proteínas fosforiladas por la proteinquinasa dependiente del complejo Ca^{2+}-CaM se encuentran las subunidades que conforman la tubulina, como hemos visto, la proteína constituyente de los microtúbulos. El Ca^{2+} interviene también en la activación de las fosfatasas cuya acción consiste en desfosforilar a las proteínas fosforiladas. Por lo tanto, el grado de fosforilación de una determinada proteína dependerá de la acción antagónica de las quinasas (enzimas fosforilantes) y fosfatasas (enzimas desfosforilantes), muchas de las cuales son reguladas, a su vez, por la acción del complejo Ca^{2+}-CaM.

Todos estos procesos participan en la regulación de la síntesis y del desplazamiento del gránulo hacia la membrana plasmática donde se efectúa la liberación del producto final, la insulina.

La descripción precedente y las figuras 4 y 5 que la ilustran han intentado mostrar a los lectores la gran complejidad de la red de circuitos que intervienen en la secreción de insulina y la importancia decisiva del Ca^{2+} en todo este proceso. Sin duda la resolución de muchos de los interrogantes que aún suscita el funcionamiento de este mecanismo permitirá comprender mejor la regulación en el nivel molecular de la secreción de hormonas. ⊙

LECTURAS SUGERIDAS

CALANDRA, R. S. y DE NICOLA, A. F. (eds.), 1985, *Endocrinología molecular*, El Ateneo, Buenos Aires.

EXTON, J. H., 1988, "Mechanisms of Action of Calcium mobilizing agonists: some variations on a young theme", *Faseb Journal*, 2: 2670-2676.

GRONDA, C. M., ROSSI, J. P. F. C. y GAGLIARDINO, J. J., 1988, "Effect of different insulin secretagogmes and blocking agents on islet cell Ca^{2+}-ATPase activity measured in islet homogenates", *Biochim. Biophys. Acta*, 943, 183-189.

ORCI, L., VASALLI, J. D. y PERRELET, A., 1988, "The Insulin Factory", *Scientific American*, pág. 50.

ROSSI, J. P. F. C., GRONDA, C. M., FERNANDEZ, H. N. y GAGLIARDINO, J. J., 1988, "Characteristics of a Ca^{2+}-ATPase activity measured in islet homogenates", *Biochim. Biophys. Acta*, 943, 175-182.

Publicación bimestral de la Asociación Ciencia Hoy.

Sede: Avda. Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A (1193) Buenos Aires, teléfonos 961-1824 y 962-1330.

Editores Responsables: Jorge Balán (Centro de Estudios de Estado y Sociedad), Daniel R. Bes (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica), Olga Dragún, *coordinadora* (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica), Patricio Garrahan (Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas, Universidad de Buenos Aires-CONICET).

Editor Asociado: Guillermo Boido (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata).

Consejo Editorial: Elvira Arrizurieta (Instituto de Investigaciones Médicas "Alfredo Lanari", Universidad de Buenos Aires), Ennio Candotti (Instituto de Física, Universidad Federal de Río de Janeiro, *miembro invitado*), Elena Chiozza (División Geografía, Universidad Nacional de Luján), Emilio de Ipola (Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Buenos Aires), Ezequiel de Olaso (Centro de Investigaciones Filosóficas), Samuel Finkielman (Instituto de Investigaciones Médicas "Alfredo Lanari", Universidad de Buenos Aires), Armando Haeberer (Escuela Superior Latinoamericana de Informática), Jorge E. Hardoy (Instituto Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo), Juan A. Legisa (Instituto de Economía Energética, Fundación Bariloche), Alejandro C. Paladini (Instituto de Química y Fisicoquímica Biológicas, Universidad de Buenos Aires-CONICET), José Pérez Gollán (Museo Etnográfico, Universidad de Buenos Aires-CONICET), Alberto Pignotti (Fundación para el Desarrollo Tecnológico), Osvaldo A. Reig (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), Fidel Schaposnik (Departamento de Física, Universidad Nacional de La Plata-CIC), Jorge E. Testoni (Departamento de Física, Comisión Nacional de Energía Atómica - CONICET).

Secretaría de Redacción: Heber Cardoso (coordinador), Silvia Pomeranicc (asistente).

Edición de Texto: Susana Frentzel Beyme, Gabriela Tenner.

Edición de Arte: Pablo Barragán (jefe), Ana Laura Efron, Verónica Mendívil (armado).

Administración: Beatriz Frydman (coordinadora), María Rosa Rodríguez (servicios contables), María García Blaya, Stella Maris Gramajo (servicios internos).

Colaboradores: Roberto Fontanarrosa (humor). Aldo Chiappe, Fernando Sendra (ilustraciones). Andrés Barragán (fotografía). Francisco Revelli, Ricardo Arrúa (dibujantes). Celia Brandan (cartografía). Carlos Marino (asesoramiento cartográfico). Alberto Bernades, Isabel Mármora (corrección). Natacha Pravaz (traducción). Beatriz Araujo (desgrabaciones magnetofónicas).

Publicidad: Alberto Barcia.

Ciencia Hoy agradece la gentileza del Museo de Arte Moderno por autorizar la reproducción de la obra *Finito-Infinito* de Víctor Magariños D., que pertenece a su colección.
La cartografía publicada en la página 20 cuenta con la aprobación del Instituto Geográfico Militar.

Consejo Científico: Rafael Braun (Centro de Investigaciones Filosóficas), Rodolfo M. Casamiquela (Fundación Ameghino), José C. Chiaramonte (Instituto "Emilio Ravignani", Universidad de Buenos Aires), Roberto Fernández Prini (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires), Juan José Giambiagi (Centro Latinoamericano de Física), Ranwell Caputto (Facultad de Ciencias Químicas, Universidad Nacional de Córdoba), Eugenia Sacerdote de Lustig (Instituto "Angel Roffo", Universidad de Buenos Aires), Samuel Taleisnik (Instituto de Investigación Médica "Mercedes y Martín Ferreira"), Gregorio Weinberg (CONICET).

Corresponsal en Alemania: Patricia Morales (Facultad de Filosofía, Universidad de Frankfurt) Frankfurt, Alemania Federal.

Corresponsal en Bariloche: Edgardo Angel Bisogni (Instituto Balseiro, Centro Atómico Bariloche) Avda. Ezequiel Bustillo, km 9,5 (8400) San Carlos de Bariloche.

Corresponsal en Córdoba: Juan Martín González, Bv. Chacabuco 1127 (5000) Córdoba (CONICOR), teléfono (051) 69-5101.

Corresponsal en La Plata: Néstor Murgier (Departamento de Geografía, Universidad Nacional de La Plata), calle 42 N° 1092 (1900) La Plata, teléfono (021) 24-8208.

Corresponsal en Mar del Plata: Alberto De La Torre (Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata), Funes 3350 (7600) Mar del Plata, teléfono (023) 72-3831.

Corresponsal en México: Marcelino Cereijido (CINVESTAN, Instituto Politécnico Nacional) Apdo. Postal 14-740, México D.F., teléfono 586-05-01.

Corresponsal en Madrid: Eduardo F. Muscar Benasayag, Ma. de Molina 34 - 7° B (28006) Madrid.

Corresponsalía en Río de Janeiro: Revista *Ciência Hoje*, Av. Venceslau Brás 71, fundos, casa 27, Río de Janeiro, CEP 22290, teléfonos (021) 295-4846, 295-4442, 275-8795, télex (021) 36952. En esta dirección puede adquirirse *Ciencia Hoy* al costo de 9 BTNf o abonarse a una suscripción por seis números al costo de 45 BTNf. *Ciência Hoje* puede adquirirse en Corrientes 2835, Cuerpo A, 5° A (1193) Buenos Aires (precio sujeto a confirmación).

Suscripciones: América latina (excepto Argentina) y **África** (6 números): u$s 50 (aéreo). **EE.UU.** y **Europa** (6 números): u$s 60 (aéreo).

Distribución: En Capital y Gran Buenos Aires, Rubbo S.R.L. En interior, DISA S.A.

Asociación Ciencia Hoy: Es una asociación civil, sin fines de lucro, que tiene por objetivos: a) divulgar el estado actual y los avances logrados en la producción científica y tecnológica del país; b) promover el intercambio científico con el resto de Latinoamérica a través de la divulgación del quehacer científico y tecnológico de la región; c) estimular el interés del público en relación a la ciencia y la cultura; d) editar una revista periódica que difunda el trabajo de científicos y tecnólogos argentinos, y de toda Latinoamérica, en el campo de las ciencias formales, naturales, sociales y de sus aplicaciones tecnológicas; e) promover, participar y realizar conferencias, encuentros y reuniones de divulgación del trabajo científico y tecnológico del país; f) colaborar y realizar intercambios de información con asociaciones similares de otros países.

Comisión Directiva: Roberto Perazzo (Presidente), José Mayo (Vicepresidente), Enrique Segura (Secretario), Marcos Saraceno (Prosecretario), Olga Dragún (Tesorera), Jorge Balán (Protesorero). El mandato de la Comisión Directiva dura de marzo de 1988 a marzo de 1990.

Difusión: Aníbal Gattone.

Colaboraron en la realización de este número: Fundación Antorchas, KWU Servicios S.A., The Third World Academy of Sciences, Swedish Agency for Research Cooperation with Developing Countries, Comisión Nacional de Energía Atómica, Universidad Nacional de La Plata, Organización de Estados Americanos.

ISSN 0327-1218. Registro de la Propiedad Intelectual N° 177087.

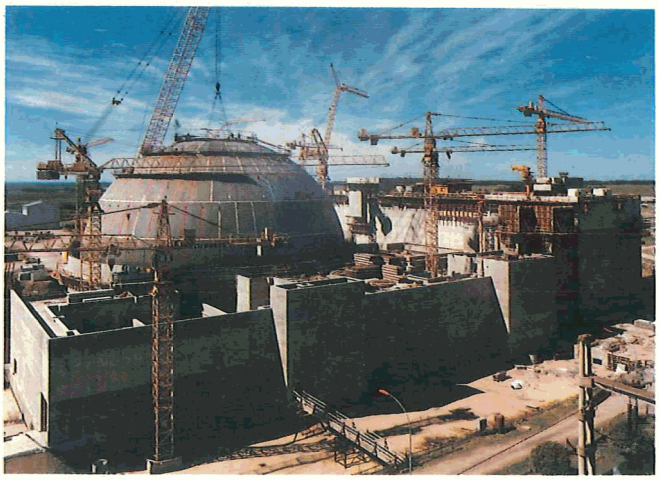
Fotocomposición de Fototipia Linfoseter S.A., Agrelo 3259, Buenos Aires. Fotocromos y películas pluma de Fotocromos Columbia, Bolívar 1753, Buenos Aires. Impresa en la Argentina en Talleres Gráficos Mundial, Cortejarena 1862, Buenos Aires.

QUAKER®

TODA UNA TRADICION EN ALIMENTOS DE ALTA CALIDAD.

SIEMENS

Atucha II
La construcción avanza



El pasado 12 de abril se completó el cierre de la esfera de contención de la Central Nuclear Atucha II.

El acto, que contó con la presencia del Presidente de la Nación, constituyó un símbolo de la continuidad de esta obra, tan necesaria para la infraestructura energética del país.

La tecnología para Atucha II es provista por el área KWU de Siemens AG a través de ENACE S.A., el joint venture creado con la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) de la República Argentina.

Siemens AG/KWU de Alemania Federal se cuenta entre las empresas más importantes del mundo en tecnología para la generación de energía.

Nuestro programa nuclear incluye todos los tipos de reactores, desde aquellos con recipiente de presión con agua liviana (PWR) o agua pesada (PHWR), hasta los con agua en ebullición (BWR), incluyendo los conceptos más novedosos como por ejemplo los de alta temperatura (HTR) o los reproductores rápidos (SNR).

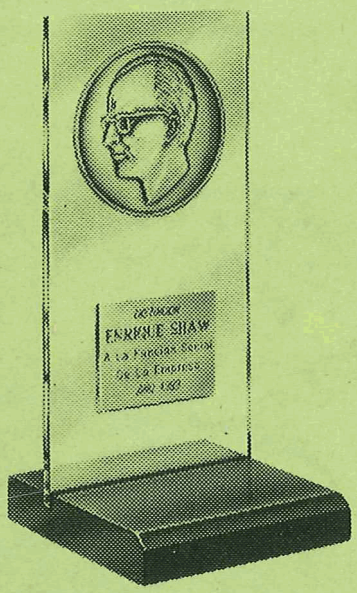
Recientes acuerdos de cooperación internacional con Framatome S.A. de Francia y ABB-Asea Brown Boveri AG de Suiza proyectan a Siemens AG/KWU como empresa de gran experiencia en tecnología y servicios nucleares, más allá de sus mercados tradicionales, en el marco del fortalecimiento de la industria nuclear europea.

Siemens AG área KWU

KWU

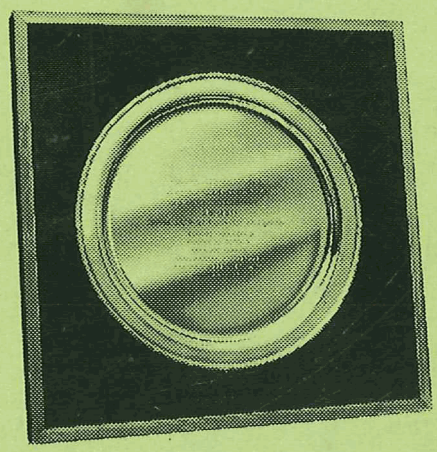
Si desea mayor información, escríbanos a: KWU Servicios S.A. - Julio A. Roca 620 - Piso 13 - 1067 Buenos Aires.

SIDERCA 1989



DISTINCION A LA FUNCION SOCIAL DE LA EMPRESA

Un calificado Jurado, convocado por la Asociación Cristiana de Dirigentes de Empresa, distinguió a SIDERCA S.A.I.C. con el Premio Enrique Shaw por su programa de Desarrollo Social Integrado, destacando la constante generación de oportunidades de crecimiento, desarrollo laboral y cultural y el acceso a mejores posibilidades de vivienda y salud, para sus colaboradores y familiares directos.

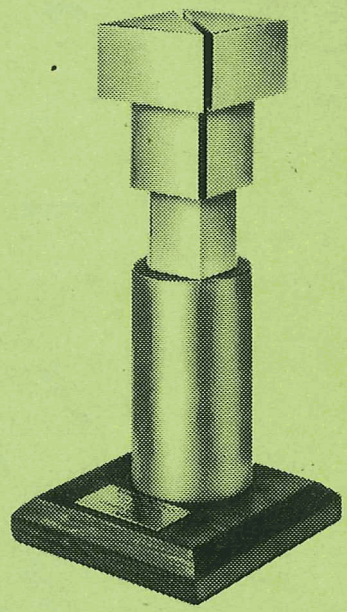


PREMIO AL PRIMER EXPORTADOR

La Asociación de Gerentes de Comercio Exterior de la Cámara de Comercio de los Estados Unidos de América en la República Argentina, entregó los premios a las empresas socias que se distinguieron por su iniciativa.

SIDERCA S.A.I.C., con 200 millones de dólares exportados durante 1988, obtuvo el galardón al primer exportador privado industrial argentino.

Un nuevo logro que ratifica la firme política exportadora de la empresa.



PREMIO A LA EXCELENCIA

SIDERCA S.A.I.C. fue galardonada por la Revista Tecnoil como Industria Manufacturera Excelente 1989, decisión tomada por un prestigioso Jurado compuesto por representantes de las principales compañías petroleras.

Se distinguió la aplicación de sistemas de garantía y programas de calidad total, que testimonian su permanente búsqueda de la excelencia en los productos y servicios.

DESDE 1954, SIDERCA SE INTERESA POR LA CALIDAD DE VIDA DE SU GENTE, LA CALIDAD DE SUS PRODUCTOS Y LA EXCELENCIA DE SUS SERVICIOS.

TECHINT

Siderca